

BOLETIN
DEL
INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFIA

Historia natural del atún, *Thunnus*
thynnus (L.)

ENSAYO DE SINTESIS

por

LUIS BELLÓN †

(PRECEDIDA DE LA NECROLOGIA DEL AUTOR)



MINISTERIO DE MARINA

MADRID

ULTIMOS NUMEROS PUBLICADOS

- 27.—Josefa SANZ-ECHEVERRÍA: «Notas sobre otolitos de peces procedentes de las costas del Sáhara. Segunda parte».
- 28.—Guillermo COLOM: «Exploración oceanográfica del Africa Occidental. Estudio de los Foraminíferos de muestras de fondo recogidas entre los Cabos Juby y Bojador».
- 29.—Joaquín GÓMEZ DE LLARENA: «Exploración oceanográfica del Africa Occidental. Observaciones sobre los sedimentos recogidos entre los Cabos Juby y Bojador».
- 30.—Luis BELLÓN: «Pesca y utilización del Boquerón y de la Sardina en las costas de Málaga».
- 31.—José M.^a NAVAZ: «Contribución al estudio de los Escómbridos de la costa vasca (atún, bonito y melva)».
- 32.—José M.^a NAVAZ y Francisco de P. NAVARRO: «Nuevos datos sobre la sardina y la anchoa de la costa vasca».
- 33.—R. FERNÁNDEZ y F. de P. NAVARRO: «Observaciones sobre la sardina de Santander (octubre de 1948 a octubre de 1949)».
- 34.—Emma BARDÁN y F. de P. NAVARRO: «Nuevos datos sobre la sardina de Málaga».
- 35.—Miguel MASSUTÍ, Teresa VALLS y F. de P. NAVARRO: «Nuevas observaciones sobre la sardina y la alacha de Baleares».
- 36.—Fernando LOZANO: «Notas sobre el Bonito del Norte o Albacora [*Germo alalunga* (Gml.)] de Galicia».
- 37.—Miguel MASSUTÍ y Francisco de P. NAVARRO: «Tintfnidos y Copépodos planctónicos del Mar de Alborán (Campaña del «Xauen» en agosto y septiembre de 1948)». (Con una breve necrología del Dr. Massutí.)
- 38.—Campaña del MALASPINA en enero de 1950 en aguas del Sáhara, desde Punta Durnford a Cabo Barbas.—Registro de operaciones.
- 39.—M.^a Dolores GARCÍA PINEDA: «Efectos del lavado previo en la extracción de componentes útiles de las algas pardas».
- 40.—M.^a Jesús DEL VAL y Dominica MONTEQUI: «Sobre el aislamiento de los componentes glucídicos de las algas pardas».
- 41.—Buenaventura ANDREU: «Consideraciones sobre el comportamiento del ovario de sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) en relación con el proceso de maduración y de freza».
- 42.—Miguel OLIVER: «La sardina de la costa noroeste española en 1948 y 1949 (Estudio biométrico y biológico)».
- 43.—Rafael LÓPEZ COSTA: «Sobre la determinación del nitrógeno nítrico en el agua de mar. I. La resorcina como reactivo de los nitratos».
- 44.—A. FERNÁNDEZ DEL RIEGO: «Determinación del carbónico de los fondos de la Ría de Vigo. Cálculo del carbonato disuelto y consecuencias geobiológicas».
- 45.—Angeles ALVARINO: «Incrustaciones marinas».
- 46.—J. ARAVIO-TORRE y A. ARÉVALO: «Estudio de los wolframatos como agentes inhibidores de la corrosión».

(Sigue en tercera página de la cubierta.)



Nota necrológica

Don Luis Bellón Uriarte
(1897-1954)

Nació en Jaén el día 3 de noviembre de 1897, siendo manchega su ascendencia paterna y andaluza—aunque de apellido vasco—la materna, ambas de señorío bien acomodado.

Los sucesivos cambios de destino de su padre, que era juez (el abuelo materno fué Magistrado), fueron causa de que los estudios del bachillerato los iniciase en Cáceres y los terminase en Ubeda. En 1913 comenzó en Madrid los de Ciencias Naturales, terminando en 1917 los de licenciatura y al año siguiente los del doctorado. Su expediente académico, secundario y universitario, es muy brillante, sólo superado por muy pocos condiscípulos, que en la Universidad fueron muchos—para lo habitual de aquellos

tiempos—y varios de ellos figuras después muy destacadas en la cátedra y en la investigación.

Aunque su padre murió tempranamente (a los 56 años, en 1914, dejando cuatro hijos, de los que Luis era el mayor), Bellón, al terminar la carrera, estaba libre, afortunadamente, del acuciamiento que lleva a los más de nuestros naturalistas a la preparación inmediata de oposiciones a cátedra como meta profesional, por lo que en octubre de 1918 aceptó un puesto en el Instituto de Oceanografía. Creado éste en 1914 estaba aún en trance de organización, ofreciendo un decoroso porvenir a los naturalistas más inclinados a la investigación que a la pedagogía.

Su incorporación al Instituto, con carácter de interinidad hasta abril de 1920, fué consolidada por oposición en diciembre de 1921 con la categoría de Ayudante de Laboratorio y destino en Madrid. Simultáneamente, desde abril de 1920 hasta junio de 1924, fué Ayudante de Laboratorio de la Inspección de Estudios Científicos y Estadísticos de Pesca, dependiente de la Dirección General de Pesca, pero íntimamente vinculada al Instituto de Oceanografía, comportando tal cargo el de redactor del *Boletín de Pes- cas*, donde Bellón ha dejado, hasta el año 1926, huellas de su actividad, no por anónima, en su mayor parte, menos valiosa. Por estos tiempos (1922-1924) recorrió repetidas veces los puertos del Sur de España y de Canarias, comisionado para recoger información sobre la industria y la estadística pesqueras.

En 1926, por permuta con doña Emma Bardán, que pronto había de ser su esposa, fué trasladado al Laboratorio Oceanográfico de Málaga. En diciembre de 1927, previo concurso de méritos, ascendió a Director de Laboratorio, siendo destinado al que por entonces se creó en Canarias. A Bellón y su esposa, ésta en calidad de Ayudante, les tocó la ingrata labor de poner en marcha, con harta escasez de medios materiales, el Laboratorio de Las Palmas.

En Canarias, nuestro colega desarrolló durante ocho años una intensa actividad científica, reflejada en variadas y extensas publicaciones, varias de ellas escritas en colaboración con su esposa. En Las Palmas, la figura científica y social de Bellón adquirió un gran relieve; fué directivo del benemérito «Museo Canario» y aun hubo de aceptar a desgana funciones pedagógicas en centros de enseñanza públicos y privados.

Por exigencias de reorganización y de acoplamiento de plantillas del Instituto de Oceanografía el laboratorio de Las Palmas fué cerrado en diciembre de 1935, siendo su personal trasladado al de Málaga, en cuya dirección Bellón ha continuado hasta la fecha de su muerte, acaecida en Madrid el 21 de abril de 1954.

En esta etapa malagueña, salvados los tres años difíciles de nuestra guerra, la personalidad de Bellón alcanza toda su plenitud. Trabaja de firme en su especialidad y en otros temas a que es requerido, ejerciendo a la vez misión rectora en los centros culturales de la ciudad, especialmente en la Sociedad Malagueña de Ciencias (ahora integrada en el Instituto de Estudios Malagueños, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas). A la profesional se añade una gran actividad social, a la que

le llevan sus dotes de pintor retratista, su simpatía personal, su hospitalidad rumbosa, su facundia inagotable (hombre verboso y dicaz, como buen andaluz), su gran cultura literaria y, en fin, hasta sus firmes aficiones taurinas. Era un hombre, en suma, bien adaptado al ambiente.

Su hoja de servicios no queda completa con lo antedicho. Pues el caso es que los oceanógrafos somos a la vez un poco marinos, por devoción o por obligación, y Bellón, aunque no muy bien dotado para la vida a bordo, ha tomado parte en numerosas campañas oceanográficas, en el Mediterráneo y en el Atlántico: La del aviso de guerra «Giralda» en 1920, a parte de la cual asistió el Príncipe Alberto I de Mónaco; la del transporte de guerra «Almirante Lobo» (1923), dedicada especialmente al estudio del atún; las de los viejos barcos de guerra «Marqués de la Victoria» y «Proserpina», en el Cantábrico (1925 y 1926); luego, en las del cañonero «Dato» (1927 y 1928), y, desde 1930, en varias del guardacostas «Xauen», donde embarcó por última vez en enero de 1953. Está sin contar las campañas en pequeñas embarcaciones del Instituto de Oceanografía, como la del «Averroes» en la bahía de Algeciras (1922), la del «Príncipe Alberto de Mónaco» (simultánea en 1923 a la del «Almirante Lobo»), y las numerosas salidas a la mar en las falúas y botes de los laboratorios de Las Palmas y Málaga.

Los servicios de Bellón, hombre bien dotado, exceden, naturalmente, el ámbito nacional. En viaje de estudios visitó en 1928 los más importantes laboratorios franceses e ingleses de biología marina. Su nombre figura en la lista de especialistas que forman la delegación española desde que nuestro país se adhirió, en 1924, al Consejo Internacional para la Exploración del Mar, con sede en Copenhague; y como delegado oficial de España asistió a los plenos del Consejo de los años 1948 y 1949, en Copenhague y Edimburgo, respectivamente.

En 1949, bajo los auspicios de este Consejo, se celebró la doble reunión o Conferencia Internacional del Atún en Málaga y Túnez, con intervalo de pocos meses. Recayó sobre Bellón gran parte del trabajo de organización, así como el primer puesto en la delegación española que se trasladó a Túnez a bordo del «Xauen», circunstancia por la que la Regencia le honró con la encomienda de la Orden Nichan Iftikhar.

Prestó en diversas ocasiones colaboración más o menos directa en las tareas de la Comisión Internacional para la Exploración científica del Mediterráneo, y, reorganizada ésta tras la segunda guerra mundial, representó a España en la sesión plenaria celebrada en Mónaco en septiembre de 1951, cabiéndole el honor de ser nombrado Presidente del Comité de estudios de las Algas.

Fué, asimismo, nuestro representante nacional en el «First International Seaweed Symposium» (Edimburgo, julio de 1952), reunión de algólogos y químicos de la que dió cuenta en una amena conferencia pronunciada en Madrid, en el Museo Naval, en abril del año siguiente.

Más recientemente, a fines de 1953, se dió su nombre para una Ponencia especial en el Consejo General de Pescas del Mediterráneo, filial

de la F. A. O., propuesta baldía por encontrarse ya gravemente enfermo.

* * *

Sobre las algas marinas ha recaído la especialización científica de Bellón. Nació esta afición en la Universidad misma y se vió pronto acrecentada al encontrar en el Instituto de Oceanografía algunos herbarios inéditos y al ponerse en contacto personal con los eminentes especialistas Profesor De Toni, de Padova, y Profesor C. Sauvageau, de la Universidad de Burdeos, buen conocedor de las algas de nuestras costas.

Estudiados los herbarios a su disposición, se impuso como meta la publicación del catálogo de las algas conocidas en las costas de la Península Ibérica, de Baleares, de Canarias y de Marruecos, y esta ingente y paciente tarea de búsqueda, recopilación y estudio crítico de la bibliografía ha consumido lo más y mejor de la vida de Bellón.

Desgraciadamente, esta gran obra bibliográfica queda inédita en su mayor parte porque Bellón ha muerto prematuramente y porque él quería llegar a una perfección exhaustiva, realmente inalcanzable.

Entre los trabajos botánicos que ha publicado cabe señalar, como más importantes: Una primera contribución a la flora algológica del Mediterráneo español; un primer catálogo bibliográfico (1930), con 316 títulos; el catálogo de las algas de Baleares (colaboración de Navarro); las algas de Málaga en un herbario del botánico español Clemente, de principios del siglo XIX; las especies de las costas andaluzas en la «Flora Boetica», manuscrito inédito de este mismo autor (obra de Bellón premiada por la Real Academia de Ciencias), etc. La riqueza de documentación; la rigurosa fidelidad de citas y transcripciones; la agudeza crítica para la resolución de los problemas de sistemática, de nomenclatura y de sinonimia; el buen conocimiento de idiomas modernos y clásicos; el buen estilo literario; todas las buenas cualidades, en suma, de Bellón como investigador y publicista quedan patentes en estas publicaciones.

Bellón, previendo hace tiempo que le iba a ser imposible dar a luz toda la documentación florística acopiada, tenía dispuesta en testamento la donación al Instituto de Oceanografía de todos sus libros y papeles. Cientos de libros y folletos; reproducciones en microfilm de otras tantas obras; herbarios; los ficheros completos de especies, de sinónimos, de localidades, de nombres vulgares, de autores y recolectores, etc, y demás documentos están en el Laboratorio de Málaga a disposición de los botánicos que pretendan continuar y completar la obra algológica de Bellón.

Nuestro colega no ha sido algólogo tan sólo, pues ha publicado también muy notables trabajos sobre otros temas de oceanografía, de ictiología y de biología y tecnología pesquera, tales como la oceanografía de la bahía de Las Palmas, los peces selacios de Canarias, la pesca y utilización de la sardina y boquerón en las costas de Málaga.

Empero, los atunes han sido el objeto de su más constante atención. Es ya clásica—se ha agotado hace mucho tiempo—su gran obra sobre la industria del atún en España (1926), y el completísimo «rapport» sobre la historia natural y la pesca del rabil, *Neothunnus albacora*, (1954), escrito

por encargo del Consejo Internacional para la Exploración del Mar, ha sido muy bien recibido y elogiado por los especialistas. En su publicación póstuma sintetiza con gran acierto lo que se sabe de la biología del atún común, *Thunnus thynnus*. ¡Lástima grande que esta obra no tenga complemento gráfico, que de manos de Bellón, dibujante excelente y hábil fotógrafo, habría salido perfecto!

* * *

El hombre pasa, y la obra queda; bien sabido es y tantas veces se ha escrito.

La obra científica de Bellón, que yo estimo muy buena, la enjuiciarán en su justo valor los lectores competentes, aunque es de lamentar que la de mayor empeño haya quedado inédita.

Cuarenta y un años de amistad fraternal (condiscípulos en la Universidad y emparejados luego en toda nuestra vida profesional) me autorizan a aseverar que la vida de Bellón podemos envidiarla los más de los que le hemos conocido. Mimado de la fortuna, no ha habido en ella más fallo que su mala salud—sin vicios, él mismo decía que su vida era el fracaso de una vida morigerada—, que le puso repetidas veces en manos de los cirujanos; y era su pesadilla, su temor constante, el de morir a la misma edad que su padre y de la misma enfermedad, el cáncer, como así ha ocurrido.

Descanse en paz, y reciba nuestra condolencia su familia, en especial su madre, octogenaria, y su viuda, nuestra compañera en el Instituto. Para éste, la muerte de Bellón es una pérdida irreparable.

FRANCISCO DE P. NAVARRO.

Madrid, noviembre de 1954.

LISTA DE PUBLICACIONES DE L. BELLÓN

1921. Contribución al estudio de la Flora algológica del Mediterráneo español.—*Boletín de Pesca*, núm. 56-58, pág. 81-119, 5 fig. Madrid.
- 1925.—Nota sobre una *Saccorhiza bulbosa* (Huds.) La Pyl., de Melilla (Mediterráneo occidental).—*Nuova Notarisia*, serie 36, pág. 217-221. Padova.
- 1925.—Cómo se descuartiza el atún.—*Boletín de Pesca*, núm. 101, pág. 1-5, 3 fig. Madrid.
- 1925.—Dos artes de pesca de Canarias.—*Ibidem*, núm. 107, pág. 245-247, 2 fig.
- 1926.—Preparación de conservas de atún: La cocción de la carne.—*Ibidem*, núm. 116, pág. 97-101, 5 fig.
- 1926.—La industria del atún en España.—*Inst. Esp. Ocean., Res. Camp. Intern.*, núm. 3 (100 pág., 30 fig., 1 lám.). Madrid.
- 1929.—Note sur la présence accidentelle de la *Saccorhiza bulbosa* dans le port de Malaga.—*Comm. Intern. Explor. Médit., Rapp. Pr.-Verb.*, t. 4, pág. 149-159, con figuras, París.
- 1930.—Bibliografía acerca de las algas de España, Portugal, Baleares, Canarias y Norte de Marruecos.—*Congr. Intern. Ocean., Sevilla, 1-7 mayo 1929*, t. 1, pág. 407-444. Madrid.
- 1931.—Primeros trabajos del Laboratorio Oceanográfico de Canarias (Colaboración de EMMA BARDÁN).—*Inst. Esp. Ocean., Notas y Resúmenes*, II, núm. 48 (80 pág., 19 fig., 7 lám.). Madrid.
- 1931.—Nota sobre los peces Elasmobranquios de Canarias (Colaboración de EMMA BARDÁN).—*Ibidem*, núm. 53 (40 pág., 9 fig.).
- 1932.—Premiers travaux du Laboratoire Océanographique des Iles Canaries.—*Cons. Intern. Expl. Mer, Rapp. Pr.-Verb.*, 77, pág. 65-88, 10 fig. Copenhague.
- 1932.—Oceanografía de la bahía de Las Palmas (Canarias) en 1931. (Colaboración de EMMA BARDÁN).—*Inst. Esp. Ocean., Notas y Resúmenes*, II, núm. 64 (68 pág., 19 fig.). Madrid.
- 1934.—Observaciones oceanográficas realizadas durante 1932 en la bahía de Las Palmas, Canarias (Colaboración de EMMA BARDÁN).—*Ibidem*, núm. 77 (44 pág., 21 fig.).
- 1934.—Primera campaña biológica a bordo del «Xauen» en aguas de Mallorca (abril, 1933): Algas.—*Inst. Esp. Ocean., Trabajos*, núm. 7, pág. 73-74. Madrid.
- 1940.—Dos cartas inéditas de los botánicos Cabrera y La Gasca sobre algas españolas.—*Inst. Esp. Ocean., Notas y Resúmenes*, II, núm. 100, y *Las Ciencias*, IV, núm. 3 (30 pág., 4 fig.). Madrid.
- 1940.—Nota sobre un herbario de algas de Málaga de D. Simón de Rojas Clemente y Rubio.—*Ibidem*, núm. 102 e *Ibidem*, V, núm. 1 (30 páginas). Madrid.
- 1942.—Las algas de la *Flora Boetica* inédita de Clemente.—*Rev. R. Ac. Cienc. E. F. N.*, t. 36, fasc. 2 y *Notas y Resúmenes I. E. O.*, II, núm. 110 (94 pág., 1 fig.). Madrid.

- 1943.—El mar y los antiguos navegantes españoles (Conferencia).—*An. Soc. Malagueña de Ciencias*, 1939-1943. Málaga.
- 1943.—Utilización de las algas marinas como abono. —*Surco*, Bol. C. S. Cám. Ofic. Agric., enero. Madrid.
- 1943.—Noticia sobre Cetáceos.—*Las Ciencias*, VIII, núm. 2, pág. 281-284, 3 fig. Madrid.
- 1945.—Catálogo de la Flora del Mar de Baleares (con exclusión de las Diatomeas) (Colaboración de NAVARRO).—*An. Jardín Bot. Madrid*, t. V y *Notas y Resúmenes I. E. O.*, II, núm. 124 (156 pág., 1 fig., 3 cartas). Madrid.
- 1948.—Las algas marinas.—*Revista General de Marina*, t. 135, pág. 365-372, 2 fig. Madrid.
- 1949.—Algunos datos sobre los *Thunnidae* de Canarias (Colaboración de EMMA BARDÁN).—*Bol. Inst. Esp. Ocean.*, núm. 19 (26 pág., 1 fig.). Madrid.
- 1950.—El pasto de los peces.—*Revista General de Marina*, t. 139, pág. 211-214, 1 fig. Madrid.
- 1950.—Note sur la pêche et l'utilisation de la sardine des côtes de Malaga (*Sardina pilchardus* Walb.).—*Cons. Intern. Expl. Mer, Rapp. Pr.-Verb.*, vol. 126, pág. 80-87, 8 fig. Copenhague.
- 1950.—Pesca y utilización del boquerón y de la sardina en las costas de Málaga.—*Mem. Inst. Est. Malag.*, núm. 1 y *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, núm. 30 (116 pág., 56 fig., 13 lám., 13 cuadros fuera de texto). Málaga.
- 1953.—Atlantic seaweeds of the Malaga coast (Western Mediterranean) (Resumen).—*First International Seaweed Symposium*, pág. 5. Inveresk.
- 1953.—Seaweed resources of Spain (Resumen).—*Ibidem*, pág. 93-94.
- 1954.—Rapport préliminaire sur le *Neothunnus albacora* (Lowe), avec des indications sur le *N. macropterus* (Temm. et Schl.).—*Trabajos I.E.O.*, fuera de serie, y *Rapp. Pr.-Verb. C. I. E. M.* (136 pág.). Madrid y Copenhague.
- 1954.—Historia Natural del atún, *Thunnus thynnus* (L.): Ensayo de síntesis.—*Bol. Inst. Esp. Ocean.*, núm. 67, 88 págs. Madrid.

HISTORIA NATURAL DEL ATUN,
THUNNUS THYNNUS (L.)

HISTORIA NATURAL DEL ATÚN, *THUNNUS THYNNUS* (L.)

ENSAYO DE SINTESIS

POR LUIS BELLÓN †

INTRODUCCION

La biología del atún, *Thunnus thynnus* (L.), ha suscitado el interés de las personas cultas y del vulgo desde los tiempos más remotos, por su importancia científica y económica. Los sabios de la antigüedad clásica, como el Príncipe de ellos, Aristóteles, trataron de explicarse la vida y las emigraciones de un pez tan valioso; y, después, son casi innumerables los escritores que han dado a conocer sus observaciones o, simplemente, sus fantasías.

El problema es arduo, como todos los referentes a la biología de las especies marinas, y con mayor razón cuando se trata de las de amplia dispersión geográfica: las aguas del mar ocultan celosamente los fenómenos que se verifican en su seno, y la observación directa, fácil en los seres terrestres, es punto menos que imposible de realizar en los animales marinos.

Convencidos los investigadores modernos de que el planteamiento e intento de resolución de tales cuestiones excede de la capacidad de una persona aislada, por inteligente y laboriosa que sea, han propugnado y conseguido la celebración de varios Congresos internacionales sobre el atún y las especies afines para unificar y coordinar los métodos de trabajo, precisar los conocimientos adquiridos y lo que es, acaso, más importante: exponer claramente lo que aún no se sabe sobre la vida de tales especies, para procurar estudiarlo en primer término.

En las páginas que siguen se ha procurado indicar, con el mayor rigor científico y la mayor concisión posibles, el estado actual de nuestros conocimientos sobre el atún y lo que queda por conocer, sugiriéndose el plan para la orientación y ejecución de las investigaciones futuras. Trataremos, pues, sucesivamente, de los datos históricos; de la sinonimia; de la posición sis-

temática y las diagnósis; de los caracteres externos e internos; de la biometría; de las afinidades y diferencias; de la fisiología; de la reproducción, el crecimiento y la edad; de la alimentación; de los parásitos y enemigos; de la distribución geográfica, batimétrica y cronológica; de los caracteres oceanográficos del medio ambiente; de las emigraciones; de algunas nociones sobre la pesca y la industrialización; y, finalmente, de la bibliografía.

I. BREVE RESEÑA HISTORICA

El atún es un pez conocido y utilizado por el hombre, en el Mediterráneo y en el SE. ibérico, desde hace, por lo menos, unos tres mil años. Seguir paso a paso las obras que lo mencionan sería tarea larguísima, incompatible con la moderada extensión que debe tener este resumen de su biología: baste, pues, señalar, como prueba de la antigüedad de su importancia económica, nunca disminuída, que ciertas monedas fenicias, halladas en la región gaditana, presentan la inconfundible silueta de este pez, motivo ornamental que, en nuestros días, aparece reproducido en unos medallones de la fachada del Ayuntamiento de Cádiz, cuyo Golfo fué y es la sede de importantísimas pesquerías, sin rival en el mundo dentro de la modalidad almadrabera. Las salazones de atún fueron muy apreciadas en los mercados cartagineses y romanos por ser plato obligado en la mesa de los gastrónomos.

La historia del atún podemos resumirla en tres períodos: uno, clásico, que se inicia en las obras de Aristóteles y comprende hasta los tiempos linneanos en el siglo XVIII; otro, que se extiende desde entonces hasta fines de siglo XIX; y, finalmente, un tercero correspondiente a la época moderna (siglo XX).

El primer período, en el que se empiezan a conocer de modo rudimentario la anatomía y costumbres del atún y se idean las primeras teorías para explicar sus emigraciones, mezclando hechos ciertos con otros también reales, pero mal interpretados, y con fantasías que hoy nos parecen absurdas, se puede subdividir en otros varios correspondientes a: 1.º, los autores griegos y romanos; 2.º, los que florecieron en la Edad Media; y 3.º, a los que escribieron desde el Renacimiento hasta Linneo.

En el subgrupo 1.º se cuentan, por orden cronológico: Sofron (siglo V antes de J. Cr.: primeras alusiones poéticas al atún), Esquilo (matanzas hechas por los griegos en Salamina), Herodoto (métodos de captura), Aristóteles (edad, puesta, calidad de la carne, emigración guiada por la visión desigual de los dos ojos, invernaje en la profundidad o enterrado en el fango, parásitos, preferencia por las aguas cálidas, desplazamientos en bancos, monedas fenicias con imágenes de atunes en Cádiz, venta de conservas en sal por los fenicios a los cartagineses...), Teócrito (observatorios o «thynnoscopios»), Galeno (cualidades alimenticias), Polibio, Estrabón (descripción de la pesca, emplazamientos de los thynnoscopios desde los cuales los vigías señalaban la llegada de los atunes), Horacio, Ovidio,

Plutarcó (influencia del equinocio y del solsticio, diferencia de visión de los ojos, desplazamiento de los bancos en formaciones geométricas), Plinio (descripción, datos de Aristóteles, virtudes medicinales de la sangre, la hiel y el hígado), Oppianos (emigraciones, reproducción, métodos de pesca), Eliano (costumbres invernales del atún, pesca industrial, anzuelos y métodos de captura, plegaria a Neptuno después de la pesca, cetáceos que le asustan), Ateneo (monedas con atunes), etc., etc.

En el segundo subgrupo, Edad Media, se puede citar a San Alberto el Grande (siglo XIII: llama el atún «tygrius», etc.).

En el tercer subgrupo, desde el Renacimiento hasta Linneo, los autores copian, como en tantas otras disciplinas, los datos de la antigüedad, pero ya se inician observaciones originales, especialmente anatómicas.

Mencionaremos a Jovio (1524: descripción, emigración), Belon (1535: descripción, figura), Apicio (1542: antiguas recetas culinarias), Salviano (1554: descripción; nombres griegos, latinos y vulgares; identificación con los nombres indicados por Aristóteles, Oppianos, Plinio, Ateneo, Eliano; denominación industrial de las diversas partes del cuerpo; historia natural: biología, primeros datos anatómicos; pesca), Rondelet (1554, 1558: descripción aristotélica del atún, figura, anatomía, costumbres, métodos de captura, época de pesca en el Mediterráneo), Aldrovandi (1613: figura, sinonimia, descripción, distribución geográfica, edad, método de captura, usos en la alimentación y en la medicina), Redi (siglo XVII: peso del encéfalo), Gesner (1620: diversos métodos de pesca de los antiguos), Artedi (1738: descripción, sinonimia, referencias bibliográficas), etc. etc. A este subperíodo corresponden las descripciones de nuestro Cervantes («La ilustre fregona») sobre la vida en las almadrabas españolas en los comienzos del siglo XVII.

El balance de este primer período, que comprende unos 2.200 años, es desconsolador: la biología del atún, salvo algunas nociones anatómicas, sigue prácticamente incógnita, especialmente la reproducción y las emigraciones.

El período linneano y los comienzos del siglo XIX señalan un progreso notable en cuanto al estudio sistemático, histórico-natural, del atún. Las dudas y vaguedades de la sinonimia pre-linneana empiezan a desvanecerse, precisándose la anatomía externa y el conocimiento de los órganos internos y su estructura. También se adquieren nuevos conocimientos sobre el *habitat*, y queda malparada la teoría de las emigraciones de largo alcance al comprobar Amico que el atún vive todo el año y en todas sus edades dentro del Mediterráneo; igualmente se inician las teorías sobre desplazamientos del atún en sentido vertical. Descuellan en este período, entre otros autores: Linneo (1758: sinonimia, descripción, métodos de pesca), Cetti (1777: primeras descripciones magistrales de la pesca en Cerdeña, desplazamientos verticales, emigración en grupos independientes), Bonnaterre (1788: sistemática), Massalien (1815: anatomía del ojo), Amico (1816: pesca en Italia, emigraciones y camino seguido por el atún, presencia constante en el Mediterráneo), Pennant (1818: sinonimia, descripción), Jurino (1821: particularidades del ojo), Lacépède (1829: sinonimia, descripción, emigraciones, parásitos, enemigos, métodos de pesca

en el Mediterráneo, métodos de conservación), Cuvier y Valenciennes (1831 : descripción, anatomía, discusión de las ideas antiguas, descripción de las pesquerías mediterráneas, emigraciones, reproducción, legislación pesquera, distribución geográfica, parásitos), Eschricht y Müller (1835 : aparato circulatorio), Berthelot (1840, 18.. : presencia y métodos de pesca en Canarias, almadrabas españolas, concesiones, matanza, emigraciones e itinerarios, cualidades de la carne), South (1845 : descripción, métodos de pesca en el Mediterráneo), etc., etc. Una mención especial merece nuestro Sarmiento (1757), que revisa los datos antiguos sobre la sinonimia, aporta otros nuevos sobre la alimentación e incluso idea una teoría emigratoria de la que hablaremos más adelante. Durante todo el siglo XIX se suceden las obras de sistemática (Moreau, Gunther,...) sin apenas novedades, que se reducen a las primeras descripciones de larvas hechas por Lütken (1880). También se deben señalar los trabajos de Pavesi (1889 : discusión de las opiniones de Lacépède, Cuvier, Amico ; desplazamiento hacia la superficie para la puesta en capas calientes litorales ; descripción de las almadrabas europeas, personal, legislación, productos, industria, comercio). Entre las publicaciones españolas puede citarse una de Salas y García Sola (1876 : legislación española detallada ; discusión de las emigraciones, decadencia de la pesca y planes de mejora ; descripción del atún, aplicaciones médicas).

Finalmente, la época moderna, que comprende desde los trabajos del Rey de Portugal, Don Carlos de Braganza (1899), hasta la fecha, se caracteriza por la investigación del medio para fundamentar las emigraciones, el detallado estudio anatómico e incluso histológico de los órganos, la revisión de la posición sistemática, el descubrimiento de huevos y larvas indudables, la aplicación de los métodos biométricos para diferenciar las especies afines y discriminar las razas posibles, el marcado de ejemplares para estudio directo de las emigraciones, el estudio metódico de los datos estadísticos, el nombramiento de ponentes especiales en las Comisiones internacionales de Oceanografía, y, por último, la reunión de Congresos internacionales especialmente dedicados a la coordinación de los métodos de trabajo, ya que la amplitud del problema de la biología del atún rebasa el ámbito nacional y requiere la colaboración de todos los especialistas del mundo, la realización de campañas oceanográficas de alta mar con barcos apropiados, etc. A los trabajos realizados en Europa y costa atlántica de América es preciso sumar los efectuados por las naciones del Pacífico, Estados Unidos y Japón principalmente, para los que el atún, idéntico al nuestro según muchos autores, es especie importantísima. Los nombres de Bounhiol, Bourge, Braganza, Buen, Dresslar y Fesler, Ehrenbaum, Frade, Frasser-Brunner, Heldt, Le Danois, Neuparth, Ninni, Parona, Regan, Roule, Sanzo, Scordia, Sella, Starks, etc., y los de Kishinouye, Godsil, Byers y Holmers respecto al Pacífico, indican cuánta y cuán buena atención se dedica a dilucidar la biología del atún en los tiempos actuales.

Las reuniones internacionales celebradas hasta ahora han sido tres : la primera, en 1932, en Madrid y Cádiz, convocada por la *Comisión internacional para la exploración científica del Mar Mediterráneo* ; la segunda y tercera en Málaga (mayo 1949) y Túnez (julio 1949), convocadas ambas por el *Consejo permanente internacional para la exploración del Mar*. Los

temas tratados y sobre los que recayeron diversos acuerdos fueron, en síntesis: nomenclatura o sinonimia, sistemática, diagnosis, caracteres morfológicos y anatómicos, claves dicotómicas, caracteres utilizables en ictiometría, vértebras, branquispinas, medidas, índices biométricos, caracteres sexuales, estados de madurez sexual, puesta, desarrollo del huevo y de las larvas, crecimiento (escamas, otolitos, vértebras), lepidometría, fisiología, bioquímica, serología, vitaminas, emigraciones, razas locales, marcas (anzuelos especiales, botones-arpón, collares, etc.); distinción geográfica, batimétrica y cronológica; alimentación, enemigos, parásitos, pesca, estadísticas, industria, bibliografía, nombramiento de ponentes permanentes, campañas internacionales futuras, etc.

Gracias a estas reuniones, y al esfuerzo perseverante de los investigadores modernos, se va conociendo poco a poco la vida del atún: los resultados positivos obtenidos se irán exponiendo en los Capítulos siguientes.

II. SINONIMIA

ETIMOLOGÍA

Según el *Diccionario* de la Real Academia española (edic. de 1939), la palabra *Atún* viene del latín *Thunnus* y ésta del griego *Zunnos*, derivadas de la raíz sánscrita *Thu*, que significa «lanzarse, precipitarse en tropel»; según otros, deriva de una palabra fenicia, *Thon* o *Than*, que se aplicaba, en general, a los grandes animales acuáticos. Este mismo significado tienen las voces *Kete* o *Cete*, aplicadas a veces al atún, cuyos ejemplares muy jóvenes se conocían también por la voz griega *Cordyla* (latinizada, *Cordylla*) y si eran poco mayores se nombraban *Auxida*, designándose a los más crecidos, pero menores de un año, *Pelamida*, por suponerse que gustaban de revolcarse en el fango (*pelos*).

NOMBRES VULGARES

La Conferencia internacional de Madrid-Cádiz (mayo 1932), sobre el atún y especies afines, se ocupó de fijar los nombres vulgares y científicos, recomendando que se escogiera el nombre vulgar principal en cada idioma y los nombres locales correspondientes, así como el equivalente científico de estos nombres principales, usados a veces con sentidos diferentes.

Los nombres vulgares del atún, según la recopilación de Heldt (1926 y siguientes) y nuestras propias observaciones, son los siguientes:

Alemán: *Thunfisch*; *Gemeiner Tunfisch*.

Americano (U. S. A.): *Great tunny*; *Horsemack'rel*; *Tunny*; *Tuna*; *Great albacore*; *Bluefin Tuna*; *Leaping tuna*.

Arabe : *Tenn* ; *Essan alliona*.

Croata : *Tuna* ; *Tun*.

Danés : *Tunfisk* ; *Tantaie*.

Escocés : *Makrelsture*.

Eslavo : *Tuni*.

Español : Atlántico (costa S. W.) : *Atún* ; *Cachorreta* (peso : 5-6 kg.) ; *Albacora* (10-12 kg.) ; *Atuarro* (50 kg. de «derecho» y 45 kg. de «revés») ; Baleares : *Tonina* ; Cataluña : *Tonina* ; Santander : *Cimarrón* ; Canarias : *Atún* ; otros nombres, como *Patudo*, *Peje de ley*, *Rabil* y *Tuna*, citados por Buen y Sella, se prestan a confusión y deben desecharse.

Flamenco : *Tonyn*.

Francés : Córcega : *Tonnu* ; Languedoc : *Toun* ; *Thoun* ; Niza : *Toun* ; Atlántico : *Thon rouge*.

Griego antiguo : *Zunnos* (*thinno*s).

Griego moderno : *Tonno*s ; *Maiatico* (joven).

Holandés : *Tonyn*.

Inglés : *Tunny* ; *Common tunny*.

Italiano : Ancona : *Tono* ; Romagna : *Ton* ; Génova : *Tonno* ; *tunnu* ; *tuno* ; Nápoles : *Tunne* ; *Tonno* ; *Tonnachello* (joven) ; Cerdeña : *Tunisca* ; *Tunina* ; *Tonina* ; *Scampiro* o *Tonicello* (20 á 60 kg.) ; *Tonnocolo* o *Mezzo-tonno* (60 á 100 kg.) ; *Tonno* (100 á 200 kg.) ; *Barilaro* (más de 200 kg.) ; Sicilia : *Tunnu* ; Venecia y Trieste : *Tono* ; *Tonina* ; *Pompilo* ; *Pompin* ; *Trompeto* ; *Trompin* ; *Trompilo*.

Japonés : *Kuroshibi* ; *Maguro* ; *Kuromaguro* ; *Omaguro* ; *Gotoshibi* ; y los jóvenes : *Meji*, *Yokawa* y *Kakinotane*.

Maltés : *Tonn* ; *Tunna* ; *Ton* ; *Tunno* ; *Ton* (joven) ; *Tunai* (adulto).

Noruego : *Thunfisk* ; *Makrelstoerie*.

Portugués : *Atum* ; *Atum de direito* ; *Atum de revés* ; *Cachorreta* ; *Albacora* ; *Atuarro*.

Rumano : *Ton*.

Ruso : *Tunez*.

Sueco : *Makrilstorje*.

Turco : *Cremisi balik*.

Vasco : Español : *Cimarrón* ; *Cimarroya* ; *Atuna* ; Francés : *Atuna* ; *Atunchikia* ; *Bonita* ; *Perche-oblanka* ; *Hegala labour*.

Yugoslavo : *Tuna* ; *Tun* ; *Tunina* ; *Tunj* ; *Trup*.

NOMBRES CIENTÍFICOS

Los principales nombres científicos que se han aplicado al atún, por los autores que se indican, dispuestos en orden cronológico, son los siguientes :

Zunnos : Aristóteles, Oppianos, Eliano, Ateneo.

Orcynos : Oppianos ; Eliano ; Ateneo.

Thunnus : Ovidio.

Thynnus : Estrabón, Plinio.

Orcynus : Plinio.

Melandrys : Ateneo.

Melandrys : Plinio.

Thunnus sive Thynnus (*Thinnus*) : Belon, Gesner, Willughby, Ray, Shonev.

Orcynus : Gesner, Aldrovandi, Jonston, Rondelet.

Scomber : Artedi.

Scomber thyanus : Linneo, 1758 ; Bloch, Rafinesque, Martens, Naccari, Donovan, Brünnich, Duhamel, Bonaterre, Shaw, Turton, Scouler, Fleming, Jenyns, Risso, Lacépède, Cetti, Lequat, Asso, Ramis, Cabrera, Rosenhauer.

Thynnus thynnus : Cuvier, 1817 ; White, Gunther, Moreau ; Navarrete, Fage, Lecumberri, Gibert.

Thynnus mediterraneus : Risso, 1826 ; Collet.

Thynnus vulgaris : Cuvier y Valenciennes, 1831 ; Cuvier, 1843 ; Yarrel, Storer, Guichenot, Bonaparte, Canestrini, Nardo, Swainson, Thompson, De Kay, Steindachner ; Graells, Machado, Cisternas, Barceló, Esteve, Calderón, Ferrer, Boscá, Pardo, Pérez Arcas.

Thunnus : South, 1845.

Thynnus brachypterus : Rosenhauer 1856 ; Steindachner ; Barceló, Navarrete, Borja, Pérez Arcas.

Thynnus alalunga : Machado, 1857 ; Cisternas, Steindachner, Barceló, Esteve, Navarrete, Boscá, Pardo, Pérez Arcas.

Orcynus thynnus : Lütken, 1880 ; Carus, Lo Bianco, Griffini, Sanzo, Ninni, Jordan y Gilbert, Day ; Buen, O., Buen, F., Pardo, Lleó, Joubin y Le Danois.

Thunnus thynnus : Jordan y Evermann, 1896 ; Buen, F., Frade, Heldt, Sella, Fowler, Lozano, Navarro, Molteno, Bellón y Bardán, Smith.

El nombre oficialmente adoptado por los Congresos internacionales del Atún es este último, o sea : *Thunnus thynnus* (Linné, 1758).

Los nombres genéricos *Thynnus* y *Orcynus*, creados por Cuvier al subdividir el *Scomber* linneano para designar al atún común y al Bonito del Norte, «Germon» o *Thunnus alalunga*, respectivamente, han sido desechados por haberse aplicado antes a un grupo de mariposas (Fabricius, 1775) y a un *Scomberoides* Lacép. (Rafinesque-Schmaltz, 1815). La prioridad recae en el nombre genérico *Thunnus*, creado por South en 1845, anterior al de *Albacora* de Jordan (1889) desechado por su mismo autor en 1896 (Jordan y Evermann, 1896).

Si, como opinan diversos autores, el atún del Atlántico occidental y del Pacífico es idéntico al nuestro, habría que aumentar la lista anterior de sinónimos con los empleados por Temminck y Schlegel, los autores japoneses (Kishinouye, Kitahara, Nakamura, etc.) y los yanquis (Walford, Godsil, Roedel, etc.). Insistiremos sobre el tema al tratar de las afinidades del atún con las especies similares.

NOMBRES COMERCIALES

La Conferencia de Madrid-Cádiz propuso que una Comisión internacional fijara los nombres comerciales de los Túnidos, con la colaboración de científicos, funcionarios de Aduanas y fabricantes, pero nada se ha realizado aún. En Francia está ordenado que el nombre de las conservas sea exacto, pero el problema no es tan fácil como parece; en U. S. A. el nombre de *Tuna* (= atún) está reservado para cuatro especies determinadas; en el Perú también está reglamentado el empleo de la palabra «atún», pero puede aplicarse el género *Sarda*. En España se ha cometido el abuso de rotular las latas de conserva con nombres extranjeros, *Tonno*, etc., quizá por la gran exportación que hubo a Italia, que reexportaba nuestra producción a América con doble daño para nuestra economía.

III. SISTEMÁTICA. DIAGNOSIS

Todos los autores, excepto Fraser-Brunner (1950), están de acuerdo acerca de las grandes dificultades que presenta el estudio sistemático de los grandes peces del grupo de los Túnidos, incluidos, en general, en los Escómbridos (*sensu lato*). Su vida pelágica, la irregularidad en la captura de algunas especies hasta tiempos recientes no han permitido a los naturalistas obtenerlos y observarlos con la frecuencia deseada. Las descripciones, definiciones e ilustraciones primitivas son imprecisas; además, el gran tamaño de estos animales impide conservarlos en líquidos apropiados en los Museos, de suerte que los intercambios de ejemplares y las comparaciones indispensables son sumamente difíciles. Algunos ictiólogos han utilizado fotografías para sus trabajos sistemáticos, pero este procedimiento no ofrece garantías suficientes.

Las afinidades naturales de los géneros reunidos por Regan (1909) en la Familia de los *Escómbridos* no son siempre satisfactorias. Sería muy largo indicar aquí todas las vicisitudes sufridas por este grupo de peces, y sólo recordamos, para fijar lo más exactamente posible la posición sistemática de nuestro *Thunnus thynnus*, los trabajos de Kishinouye y de otros autores más recientes.

Kishinouye estableció, entre sus *Scombroïd Fishes*, un orden nuevo, los *Plecosteï* (1917, 1923), de igual rango que los *Telcosteï*, fundado sobre bases anatómicas, con dos Familias, igualmente nuevas: *Thunnidae*, con los géneros *Thunnus*, *Parathunnus* y *Neothunnus*; y *Katsuwonidae*, con los géneros *Katsuwonus*, *Euthynnus* y *Auxis*. Todo el resto de los antiguos Escómbridos se incluye en los *Telcosteï*, formando las Familias *Scombridae* (géns. *Scomber*, *Rastrelliger*) y *Cybidæ* (géns. *Grammatorcynus*, *Acanthocybium*, *Cybium*, *Sarda*, *Gymnosarda*).

Los caracteres de los *Plecosteí*, son, según Kishinouye : «Peces Teleostomos provistos de un sistema vascular cutáneo en conexión con un plexo vascular desarrollado en los músculos laterales ; estas regiones musculares, envueltas por el plexo, se encuentran a los lados de la columna vertebral y son de color rojo, casi negro (*sangacho*). Otro plexo sanguíneo especial se encuentra al nivel de la cara interna del hígado o en el canal hemal. Circulación sanguínea en el hígado muy desarrollada». Y la Familia *Thunnidae* la caracteriza así : «Cuerpo enteramente cubierto de escamas ; segunda aleta dorsal y la anal altas ; 18 + 21 vértebras con apófisis transversas ; primera vértebra corta, soldada al cráneo ; alisfenoides unidos en la línea media ventral ; en general, con vejiga natatoria.»

El Orden *Plecosteí*, combatido enseguida por Takahasi (1924, 1926), no ha prevalecido. La familia *Thunnidae* ha sido aceptada por varios autores (Jordan, Hubbs, Evermann, Buen, Clark, Frade, Herre, Walford, Godsil, Byers, Roedel, Shapiro) y no admitida por otros, que siguen fieles a la antigua de los *Scombridae* (Fowler, Lozano, Fraser-Brunner, Smith). Fowler, que no la admitía antes, la acepta en 1949.

La obra de conjunto más moderna sobre los escómbridos es la de Fraser-Brunner, publicada en 1950. El autor, contrariamente a todos sus predecesores, cree que los atunes se conocen ya lo suficiente para poderlos clasificar de una manera correcta ; los ha estudiado en la naturaleza y en las colecciones del British Museum, llegando a una clasificación de las especies que considera fundada en relaciones o afinidades reales. No propone ningún nombre nuevo, pero señala un carácter inédito : la *apófisis interpélvica*, (*interpelvic proces*) situada entre las aletas abdominales. Esta apófisis es doble en los géneros *Thunnus*, *Sarda*, *Orcynopsis*, *Gymnosarda*, *Euthynnus* y *Scomberomorus* ; y simple en *Auxis*, *Scomber*, *Rastrelliger* y *Grammatorcynus*. Aparentemente, el sistema de Fraser-Brunner difiere mucho de la clasificación de Kishinouye, pero, según el autor, esto se debe, simplemente, a que el Profesor japonés ha interpretado los escómbridos al revés partiendo del género *Scomber*. El empleo de detalles anatómicos internos como decisivos para la clasificación es contrario a los métodos taxonómicos habituales, y Fraser-Brunner, en lugar de colocar el *Scomber* en la base del *Scombroid complex* cree que el género *Gasterochisma* es el más primitivo de todos.

Los caracteres generales de la familia *Scombridae* son para Fraser-Brunner : «Dientes cónicos al nivel de las mandíbulas ; vómer y palatinos dentados ; branquispinas en número moderado ; alrededor de 40 vértebras ; vejiga natatoria ; aletas dorsales contiguas ; cuerpo totalmente cubierto de escamas ; apófisis interpélvicas aisladas.» Todos estos caracteres se encuentran en los *Thunnus* ; la pérdida de la vejiga natatoria en el género (*Th. (Kishinoella) tonggol* y *zacalles*) lleva al gén. *Sarda*, que a su vez apunta hacia el complejo *Scomberomorus*, etc.

Fraser-Brunner admite dos sub-familias en sus *Scombridae* : *Gasterochismatinae*, con el gén. más primitivo, *Gasterochisma* ; y *Scombrinae*, con todos los demás, colocados en el siguiente orden genealógico : *Thunnus*, *Sarda*, *Allothunnus*, *Orcynopsis*, *Gymnosarda*, *Euthynnus*, *Auxis*, *Scomber*, *Rastrelliger*, *Grammatorcynus*, *Scomberomorus* y *Acanthocybium*. Este último marca la orientación hacia los *Xiphiiformes* (peces-espada).

Los caracteres de la Sub-familia *Scombrinae* son : «Sin surco abdominal para alojar las aletas pelvianas, que son moderadas o pequeñas; escamas pequeñas o muy pequeñas; apófisis interpélvicas desarrolladas; por lo menos dos quillas laterales en el pedúnculo caudal.»

Y los caracteres del género *Thunnus* de Fraser-Brunner son los siguientes : «Dientes mandibulares pequeños, cónicos, poco o nada comprimidos; apófisis interpélvicas separadas; dorsales contiguas o muy poco separadas; una quilla media a cada lado del pedúnculo caudal además de otras dos más pequeñas; cuerpo cubierto de escamas, siendo mayores las del corselete y de la línea lateral; dientes palatinos y maxilares; por lo menos 25 branquias sobre la parte inferior del primer arco; cuerpo robusto; vómer y palatinos con dientes diminutos, villiformes; 39 a 41 vértebras.» Equivale, pues, a la antigua familia de los *Thunnidae* o a la sub-familia de los *Thunninae* de Fowler (1949), ya que comprende las seis especies siguientes : *Th. thynnus*, *alalunga*, *obesus*, *albacora*, *tonggol* y *zacalles*. Las dos primeras forman el subgénero *Thunnus*; el subgénero *Parathunnus* está representado por el *P. obesus*; el subgén. *Neothunnus* por el *N. albacora*; finalmente, el subgén. *Kishinoella* ha sido creado para *K. tonggol* y *K. zacalles*. El autor, por lo tanto, ha reducido los nombres bien conocidos de *Parathunnus*, *Neothunnus*, *Katsuwonus*, etc., a la simple condición de sub-géneros, pues la tendencia actual de designar cada especie de atún por un nombre genérico diferente le parece abusiva y contraria a las leyes de la nomenclatura binaria. Fraser-Brunner ha cuidado sus dibujos para que tengan una precisión que no presentan los de todos los investigadores precedentes, lo que originaba dudas y confusiones.

El autor considera sinónimas todas las formas atlánticas y pacíficas del atún vulgar, que llama *Thunnus* (*Thunnus*) *thynnus* (Linnaeus, 1758), cuyos caracteres son los siguientes :

«Vasos sanguíneos cutáneos que pasan a través del miotomo de la quinta vértebra; superficie del hígado estriada con finas vénulas. Origen de la aleta anal al nivel de la mitad de la distancia entre el borde posterior del opérculo y el final de las quillas caudales o más posterior aún. Con vejiga natatoria (subgénero *Thunnus*). Aleta pectoral que no alcanza el origen de la segunda dorsal; branquias : 9 a 13 + 21 a 26. Manchas de los costados, cuando existen, formando series transversales con redondeles palmados.»

Fraser-Brunner no niega la posibilidad de que existan razas o sub-especies, que se definirán cuando se realicen los necesarios estudios comparativos.

En resumen : para unos ictiólogos el atún pertenece a la gran familia de los *Scombridae* o a una de sus sub-familias; para otros, corresponde a la familia *Thunnidae*, mucho más restringida en el complejo de los escómbridos. Fraser-Brunner, con un criterio restrictivo, reduce todos los atunes a un sólo género : *Thunnus*.

* * *

No ocuparía demasiado espacio reseñar las principales descripciones

o diagnosis que se han hecho del atún. Las antiguas son, en general, deficientes, y de ello se queja Cuvier (1831) al que le parecía increíble que un pez tan conocido, manejado todos los años por miles de pescadores, no hubiera sido jamás claramente descrito, ni correctamente dibujado. El hecho era, sin embargo, absolutamente cierto, y el famoso naturalista francés dedica muchas páginas magistrales a nuestro pez para remediar tantas deficiencias.

Copiaremos dos diagnosis modernas, una de Heldt, de 1931, que redactó, como ponente de la especie en la Comisión internacional del Mediterráneo, para las fichas de la Fauna y Flora de este mar, y otra de Fowler, de 1936.

La diagnosis de Heldt dice así, traducida: «Cuerpo fusiforme que puede sobrepasar los dos metros y los 500 kilos, recubierto de una piel gruesa, con escamas muy pequeñas en su parte posterior y grandes y muy gruesas en la región pectoral, donde su conjunto forma el *corselete*, el cual se prolonga, por abajo, más atrás de las aletas ventrales. Final de la cola con una quilla lateral y otras dos más pequeñas entre las raíces de la caudal. Línea lateral aproximada al perfil superior, descendiendo al nivel de la segunda dorsal. La altura del tronco está contenida de cuatro veces a 4 y 2/3 en la longitud total, la longitud de la cabeza cuatro veces, la de las pectorales de 5 1/2 a 6 3/4. Cabeza en forma de pirámide triangular. Boca terminal, muy poco hendida, no protractil, presentando en cada mandíbula una sola fila de dientes pequeños, cónicos y puntiagudos. Vómer y palatinos dentados. Opérculo desnudo. Orificio nasal anterior muy pequeño, el posterior situado en una hendidura vertical. Diámetro del ojo contenido de 7 a 9 veces en la longitud de la cabeza, y de 2 a 3 en el espacio preorbitario. Fórmula de las aletas: D_1 : 14 ó 15; D_2 : 1/13 + 9 ó 10 pinnulas; P: 30 ó 31; C: 20; V: 1/5. A: 2/12 + 8 ó 9 pinnulas. La D_1 triangular, la altura de su primer radio comprendida dos veces a 2 1/2 en la altura del tronco. D_2 y A altas y puntiagudas. Pectorales falciformes, sin rebasar la primera dorsal. Caudal semilunar. Vértebrae: 18 + 21. Ciegos pilóricos muy numerosos. Sistema circulatorio especial subcutáneo muy desarrollado. Coloración azul oscura en el dorso; flancos gris-alunardado, con manchas plateadas numerosas y próximas; caudal pardo-azulada; segunda dorsal rojizo-amarillenta; pinnulas amarillas festoneadas de medio.»

La diagnosis de Fowler es más completa: «Cabeza 3 1/4 a 4; altura 3 3/4 a 4 1/4; dorsal XII a XV-I ó II, 12 a 14 + 8 a 10; anal II ó III, 11 ó 12 + 7 a 9; hocico 2 4/5 a 3 3/4 en la cabeza; ojo 6 4/5 a 8 1/4; maxilar 2 3/5 a 2 3/4; interorbital 3 a 3 4/5. = Cuerpo fusiforme, comprimido, especialmente robusto por delante. Pedúnculo caudal muy deprimido, delgado, con una quilla ancha en cada lado, altura mínima comprendida 9 1/4 a 10 veces en la longitud total de la cabeza. Cabeza grande, convexa por arriba, comprimida, anchura 1 4/5 de su longitud. Hocico cónico, poco o nada más ancho que largo. Ojo en el primer tercio de la cabeza, redondeado, 1 3/5 a 3 en el hocico. Párpado adiposo marginal. Boca ligeramente curvada, grande, mandíbulas casi iguales. El maxilar alcanza el nivel posterior de la pupila. Dientes sencillos, cónicos, pequeños, en una sola fila en ambas

mandíbulas. Dientes vomerianos y palatinos diminutos. Orificio nasal anterior como un simple poro, en el último tercio del hocico; el posterior, en una hendidura corta vertical, cercana y anterior al ojo. Interorbital ancho, convexo. Branquiaspinas 10 ó 11 + 27 a 30, delgadas, casi iguales al ojo. Tronco con escamas, pequeñas por debajo y atrás. Región pectoral con corselete, escamas más grandes por encima de la base de la pectoral, muy estrechamente unidas. El corselete se extiende un poco por detrás del extremo de la pectoral. Segunda dorsal y anal cubiertas de escamas, así como las bases de la caudal y las pectorales. Base de la caudal con dos pequeñas quillas por encima y por debajo de la quilla peduncular. Línea lateral, con escamas pequeñas, que desciende irregularmente hasta el pedúnculo caudal. Primera dorsal inserta en la mitad de la distancia hocico-origen de la segunda dorsal o al nivel de la pectoral, o algo por delante; espacio entre las dos dorsales muy pequeño; primer radio $2 \frac{2}{5}$ a $2 \frac{1}{2}$ en la cabeza. Segunda dorsal inserta más cerca del origen de la primera que de la base de la caudal; primer radio $1 \frac{4}{5}$ a $3 \frac{1}{2}$. Anal inserta justamente detrás de la base de la segunda dorsal, a la que es similar; primer radio blando $1 \frac{3}{4}$ a $4 \frac{1}{4}$ en la cabeza. Pínnulas parecidas, decrecientes hacia atrás. Caudal semilunar, lóbulos igualmente puntiagudos, $1 \frac{1}{2}$ a $1 \frac{4}{5}$ en la cabeza. Pectoral moderada, puntiaguda, inserta al nivel del ojo, $1 \frac{1}{2}$ a 2 en la cabeza. Ventrals insertas bajo el origen de la pectoral, $2 \frac{1}{2}$ a $2 \frac{7}{8}$ en la cabeza. = Color azul oscuro en el dorso, grisáceo por los lados y por debajo, más o menos bruñido de plata. Costados a veces con filas verticales de manchas plateadas. Iris blanquecino. Aletas parduzcas, segunda dorsal y anal con viso anaranjado. Alcanza hasta 4.575 mm.»

Con esta descripción de Fowler, basada en ejemplares italianos y americanos de New Jersey, la más escueta de Heldt, antes transcrita, y los caracteres distintivos que hemos copiado más arriba de Fraser-Brunner, nos parece que es fácil identificar nuestra especie, sin necesidad de extendernos más sobre el tema.

IV. CARACTERES EXTERNOS

Indicamos a continuación un resumen de los caracteres externos del *Th. thynnus*; las proporciones de las diferentes partes del cuerpo serán expuestas con detalle en el Capítulo BIOMETRÍA.

CONFORMACIÓN EXTERNA

Forma del cuerpo

El cuerpo del atún es robusto, redondeado, en forma de huso, más grueso en su tercio anterior y más afilado hacia la cola; el perfil ventral forma una curva más cerrada que el perfil dorsal. Es un pez típicamente buen

nadador, hidrodinámico. La forma varía ligeramente según la edad, siendo los ejemplares jóvenes, inmaduros, más esbeltos que los adultos; y entre éstos, son más rechonchos los que están a punto de poner («atún de derecho») que los que ya han vaciado sus glándulas genitales («atún de revés»).

C a b e z a

Tiene forma de pirámide triangular, con el vértice en la punta del hocico, una cara en la parte alta de la cabeza y las otras dos cortándose en la línea media ventral.

Boca terminal, no protractil, más bien pequeña y menos hendida que en otros escómbridos, con la mandíbula inferior un poco saliente. El maxilar superior apenas alcanza, hacia atrás, el nivel del diámetro vertical del ojo, y su borde inferior se incurva bruscamente hacia abajo en su parte posterior.

Cada mandíbula posee una sola fila de dientes pequeños, cónicos, puntiagudos, ligeramente incurvados hacia dentro; son algo más numerosos en la mandíbula superior que en la inferior (poco más de una treintena a derecha e izquierda de cada mandíbula); están implantados en alveolos y los dientes nuevos crecen entre los antiguos. El vómer y los palatinos tienen también dientes granulares o villiformes; también está dentado el mesoptergoideo, lo que no ocurre en las otras especies afines.

Lengua corta y lisa.

El orificio nasal anterior es muy pequeño, situado aproximadamente en la mitad de una línea que uniera la punta del hocico con el borde anterior de la órbita; el orificio posterior forma una hendidura vertical bastante larga en cuyo fondo se encuentra un agujero redondeado, y está situado por delante del ojo, a una distancia menor que el diámetro de éste.

Ojos grandes, protegidos por un párpado adiposo que circunscribe la abertura ocular. Iris amarillento.

Opérculo y borde posterior del preopérculo, redondeados.

Tronco y cola

La altura máxima del tronco está situada al nivel de los primeros radios de la primera aleta dorsal y disminuye, primero poco a poco y luego más acentuadamente, hacia la cola. El tronco está un poco comprimido, siendo el diámetro transversal más pequeño que el vertical. El lomo presenta una hendidura o ranura donde puede alojarse totalmente, inclinando sus radios hacia atrás, la primera dorsal; una depresión lateral aloja la aleta pectoral cuando ésta es aplicada al cuerpo, y otra ventral las pelvianas, de modo que después de un impulso todas estas aletas se adosan al tronco para disminuir la resistencia al avance.

El pedúnculo caudal es delgado y presenta una ancha quilla media lateral, dérmica, cuya anchura máxima corresponde a su parte central; se origina al nivel de la séptima pinnula dorsal y se atenúa, en curva, hacia atrás y hacia delante. Una línea que pasara por el hocico y esta quilla cru-

zaría el centro del ojo y seguiría el borde superior de la aleta pectoral. A cada lado, hacia el extremo posterior de esta quilla principal, hay otras dos más pequeñas.

El corselete es grande y bien limitado, más patente en los animales muertos y secos que en el vivo. Se prolonga a cada lado del cuerpo por tres puntas, que limitan entre ellas dos senos: las puntas superiores alcanzan posteriormente el fin de la segunda dorsal; las intermedias sobrepasan la pectoral y alcanzan la segunda dorsal; las inferiores o abdominales rodean la base de las ventrales y llegan hasta el nivel del extremo de las pectorales. El seno superior penetra hasta bajo el último o el penúltimo radio de la primera dorsal (en el dibujo de Fraser-Brunner, p. 143, fig. 4, penetra mucho más, hasta por delante de la primera dorsal), y el inferior, más acentuado, se insinúa entre la pectoral y la ventral hasta cerca de la hendidura branquial. El corselete está recubierto de una membrana resistente, y así, la región pectoral y el plexo vascular subcutáneo se encuentran protegidos.

Línea lateral

La línea lateral es curva y corre próxima al perfil superior del cuerpo, descendiendo bajo la segunda dorsal para ganar la quilla lateral. Las escamas perforadas que la forman están poco modificadas.

Escamas

Las escamas son cicloideas, o vagamente ctenoideas, y lisas. Las de la parte posterior del cuerpo son pequeñas; en la región pectoral, grandes y gruesas, formando el corselete ya citado; los opérculos carecen de escamas, pero en las mejillas, son largas, estrechas, unidas en series radiales que convergen hacia el ojo, encontrándose también en ellas una especie de corpúsculos oscos. Las escamas de la base de la primera dorsal son grandes, rómbicas, dispuestas en varias filas longitudinales; alrededor de las pectorales son pequeñas y alargadas. Sobre la segunda dorsal y la caudal hay escamas muy estrechas, orientadas longitudinalmente y muy unidas unas a otras que refuerzan las aletas y hacen lisa la superficie.

Aletas

Las aletas, bien desarrolladas, son fuertes y rígidas, adaptadas a una locomoción rápida.

La primera dorsal (D^1) nace a un nivel un poco posterior a la pectoral (P) y su base es vez y media, próximamente, más larga que ésta; es alta, formada de radios espinosos de extremidades flexibles; el primer radio es el mayor y los cuatro siguientes son bastante más largos que los últimos, por lo cual el perfil de la aleta desciende en rápida pendiente. Los radios (14, en general) están unidos por una fina membrana y toda la aleta se puede alojar en la hendidura dorsal, como antes se ha dicho.

La segunda dorsal (D_2) está separada de la primera por una corta distancia, análoga a la que separa entre sí los radios espinosos de la D_1 . Tiene forma puntiaguda por la mayor longitud de los primeros radios blandos. Posee $1 + 13$ radios.

Las pectorales (P) son falciformes, terminando al nivel del noveno radio espinoso de la D_1 . Chabanaud ha estudiado con detalle la forma de su *canthus* axilar, los «procesos» membranoso y pterigoideo y los radios, que son 31 ó 32, el primero más robusto que los siguientes, sencillo, así como el segundo; el tercero está imperfectamente dividido y los siguientes se dividen en elementos tanto más numerosos cuanto más inferior es su posición; el radio más largo es el sexto y forma el ápice de la aleta. El lóbulo infra-radial, redondeado irregularmente, está separado totalmente de los radios inferiores.

Las ventrales (V) o pelvianas son torácicas, moderadas, más cortas que las pectorales, formadas de un radio espinoso fuerte y cinco radios blandos, con las apófisis interpélvicas separadas. Nacen al nivel del centro de la base de la P , en el triángulo abdominal del corselete, y pueden alojarse en una depresión del vientre. Su papel parece poco importante para la propulsión.

La anal (A) es casi igual de forma y tamaño que la segunda dorsal, y posee $2 + 12$ radios. Se origina algo detrás del punto medio de una línea que uniera el borde del opérculo con el final de la quilla caudal.

La caudal (C) es robusta, de forma semilunar, con los dos lóbulos casi iguales, aunque el superior es algo mayor, provistos, en general, de 22 radios cada uno. Estos radios, no espinosos, son tan gruesos y robustos que sirvieron en la antigüedad para armar los arpones. La distancia máxima entre los lóbulos es aproximadamente igual a la longitud de la cabeza o a la cuarta parte de la longitud del cuerpo; forman entre sí un ángulo mayor de 90° .

Detrás de las aletas segunda dorsal y anal hay una serie de pinnulas (N y N'): las dorsales son, en general, de 8 a 10, y las ventrales de 8 a 11. Forman pequeñas láminas triangulares independientes, la última situada al nivel de la anchura máxima de la quilla caudal. Es frecuente que la primera pinnula se confunda más o menos con los últimos radios de la D_2 o la A , haciéndose imprecisa su numeración, por lo cual se suele incluir su número en el de los radios de las aletas citadas.

COLORACIÓN

La coloración es un carácter al que muchos autores (Fraser-Brunner, etcétera) conceden poca importancia, por cambiar y apagarse los tonos rápidamente al morir los ejemplares y sacarles del agua. El dorso del atún es azul oscuro, los costados grises con manchas plateadas numerosas y próximas; el vientre blanquecino; la D_1 es grisácea, lavada de negro en los bordes; la D_2 rojizo-amarillento bastante claro; las P y V pardo oscuro; la C de un pardo más claro; las pinnulas son amarillentas con un festón negro. La coloración es más clara, en general, después de la puesta,

y en los ejemplares muy jóvenes se presentan numerosas bandas oscuras transversales con lunares más claros, que persisten algún tiempo en la parte ventral y luego, al crecer el animal, se subdividen en una serie de puntos cuyas filas se inclinan hacia atrás, acabando por desaparecer. El interior de la boca es gris muy oscuro y el iris amarillento.

ANOMALÍAS

Frade ha señalado una curiosa anomalía facial en el atún del Algarbe, consistente en unos surcos o depresiones que van, a cada lado de la cabeza, desde la boca al borde del opérculo, como si el animal hubiera estado preso en un tornillo de banco de mecánico. El fenómeno se presenta algunas veces y los pescadores lo explican, pintorescamente, suponiendo que los atunes se meten entre las piedras cuando son pequeños. Chenay ha visto en la almadraba de Tánger otro ejemplar con el surco facial en el lado derecho.

También ha señalado Chenay un atún con el hocico obtuso, es decir, con el perfil superior de la cabeza presentando un entrante, análogo a la base del pico de las aves. La silueta es casi igual a la del *Thunnus Phillipsi* Jord. et Everm. Posteriormente, parece averiguado que esa anomalía es casual y debida a un traumatismo al caer el atún de cabeza sobre las embarcaciones o los muelles: es relativamente frecuente en la almadraba portuguesa de Faro (también encontró Heldt un ejemplar en la de Monastir), donde los pescadores llaman a estos atunes «americanos».

V. CARACTERES INTERNOS

La anatomía interna del atún europeo ha sido estudiada por muy pocos autores, entre los que destaca notablemente el Profesor portugués Frade. Algunos ictiólogos del siglo pasado se ocuparon de la anatomía del ojo (Massalien, Jurine), del aparato circulatorio (Cuvier y Valenciennes, Eschricht y Müller), de la vejiga natatoria (Malm), etc., pero, desdichadamente, nadie ha realizado trabajos tan completos y concienzudos como los referentes al atún del Pacífico (Kishinouye, y recientemente Godsil y Byers) o al atún atlántico norteamericano (Godsil y Holmberg).

Aunque es fácil para los naturalistas ver cientos, y aun miles, de atunes intactos en las fábricas de las almadrabas europeas, la vertiginosa rapidez con que son despedazados y lo muy valioso de los ejemplares dificultan su adquisición para disecarlos con la calma necesaria; su gran tamaño, además, impone el uso de neveras o frigoríficos para conservar las piezas anatómicas, o aun los animales enteros al investigar, por ejemplo, la distribución del aparato circulatorio y sus finas ramificaciones por medio de inyecciones, trabajo muy lento y penoso. Los naturalistas californi-

nianos, gracias a los grandes medios económicos y materiales que poseen y a su rigurosa disciplina, han obtenido datos importantísimos y muy completos, basados en docenas y docenas de minuciosas disecciones, sobre los atunes diversos del Pacífico y últimamente sobre el atún vulgar de las costas atlánticas de los U. S. A. Para precisar las afinidades del atún europeo con el de otras regiones es imprescindible realizar un trabajo semejante, completando los valiosos, pero a veces insuficientes, datos anatómicos de Frade.

TEGUMENTOS

La piel es gruesa y bien desarrollada; en las capas profundas de la dermis presenta hasta seis capas de tejido conjuntivo con las fibras orientadas alternativamente en dos direcciones perpendiculares; es elástica, extensible longitudinalmente, pero poco transversalmente (Kishinouye). No hay trabajos especiales sobre el atún europeo.

BRANQUISPINAS

La Conferencia internacional de Madrid-Cádiz (1932), recomendó el estudio de la fórmula de las branquispinas. Algunos autores han contado las de las dos ramas del primer arco branquial, pero la serie más numerosa, correspondiente a 147 ejemplares del Algarbe, ha sido publicada por Frade. En ella, el 12,8% de los atunes tenía 37 branquispinas (13 dorsales + 24 ventrales), y el 87,2% restante 39 (13 d + 26 v). La fórmula, pues, para el atún atlántico, se puede escribir así:

$$\text{Br} = 13 \text{ d} + (24 - 26) \text{ v} = 37 - 39.$$

Fraser-Brunner da límites más amplios: 9 a 13 d + 21 a 26 v, acaso por incluir todos los atunes vulgares del mundo. Frade considera que el número de branquispinas no tiene importancia para la diferenciación de las especies, asunto sobre el que volveremos en el Capítulo AFINIDADES.

ESQUELETO

El esqueleto del atún europeo ha sido estudiado por algunos autores, como Mastermann (1894), pero los datos más recientes se deben a Frade. La enumeración de las vértebras ha sido hecha por mayor número de ictiólogos.

Cráneo

Frade estudió el cráneo propiamente dicho, no el esqueleto visceral de la cabeza, con la intención de coadyuvar a la diferenciación de los túnidos del Atlántico oriental, lo que cree haber conseguido comparando la «venta-

na interorbitaria» (limitada por arriba por los huesos del fondo de la cavidad craneana, por abajo por el parasfenoides, por delante por la región etmoidea y por detrás por el basisfenoides), que presenta una configuración particular y bastante constante en cada especie.

La vista o *norma* superior del cráneo del atún forma un triángulo isósceles cuyo ángulo anterior es de unos 47-48°; el lado opuesto no es mayor del doble de la anchura máxima del mesetmoides e indudablemente más pequeño que la distancia desde el extremo posterior del epiótico al borde anterior del frontal. La vista o *norma* lateral presenta la ventana interorbitaria próximamente dos veces y media más larga que alta; su estrechamiento, muy pronunciado, ocupa la mayor parte del tercio posterior, quedando reducida la dilatación anterior a un espacio pequeño.

A continuación indicamos brevemente los huesos que los autores señalan en la cabeza del atún.

El cráneo, piramidal en conjunto, con el vértice hacia adelante, presenta cinco proyecciones hacia atrás: en el centro la cresta occipital; a los lados de ésta, las dos crestas temporales; y por fuera, las dos crestas pteróticas. Entre estas crestas quedan amplios senos. La longitud del cráneo es poco mayor que su anchura, y ésta mayor que la altura.

El etmoides está colocado en la parte central delantera; sobre él, el frontal; a los lados y detrás, los prefrontales; debajo, el vómer y el parasfenoides. A los lados presenta dos apófisis en forma de cuerno cuyas caras ventrales se articulan con el maxilar. El prefrontal forma la pared anterior de la cuenca orbitaria y en su centro tiene un orificio para el paso del nervio olfatorio. El vómer está en el extremo delantero del cráneo; su parte anterior es más gruesa, y en la cara ventral de esta zona están los dientes villiformes.

Los dos frontales son anchos, unidos en la línea media; forman un puente sobre las órbitas; son planos, delgados y estrechos por delante y anchos por detrás, algo curvados ventralmente. Cubren completamente, por delante, la superficie dorsal de los prefrontales y se extienden hasta la parte posterior del etmoides. Su parte posterior se articula o fusiona con el supraoccipital, los parietales, el esfenótico, el pterótico y los alisfenoides. Los bordes posteriores no se unen sobre los alisfenoides y queda un amplio foramen.

Los dos alisfenoides forman la parte anterior del piso de la cavidad craneal; entre ellos queda un ancho orificio. Por delante se unen con los frontales, por detrás con el proótico y el basisfenótico, y lateralmente con el esfenótico; dorsalmente están en contacto con el supraoccipital.

El parasfenoides es largo y estrecho; forma la mayor parte de la cara ventral del cráneo; excepto en sus porciones delantera y posterior no tiene contacto con otros huesos. Por delante se une al vómer, los frontales y el basisfenótico; cerca de su extremo posterior, dos expansiones cortas, aliformes, se extienden lateralmente y lo conectan con el proótico.

El supraoccipital se extiende longitudinalmente; se articula por delante con el occipital y lateralmente con los parietales y el epiótico; disminuye su anchura hacia atrás y descansa sobre la sutura central del epiótico.

Los parietales, planos, están delante del supraoccipital; por delante los rodea el occipital; lateralmente, se articulan con el esfenótico, y dorsalmente con el pterótico; por detrás se unen al epiótico.

El esfenótico forma parte de la pared lateral de la órbita, y por fuera contribuye a formar la articulación con el hiomandibular.

El basisfenótico es el más pequeño de los huesos craneales, en forma de Y, situado entre el proótico y el alisfenoides. Una apófisis vertical de su línea central se aplana lateralmente y se une al parasfenoides, dividiendo en dos la abertura del miodomo.

Los epióticos están a ambos lados de la parte posterior del supraoccipital, delante del exoccipital. Su parte posterior se une casi en línea recta. Sus apófisis se unen a las temporales. Por dentro de la cavidad cerebral se unen al supraoccipital, el proótico y el exoccipital.

El pterótico, delgado y alargado, forma la pared lateral posterior del cráneo. Su parte anterior es la apófisis pterótica. Por la parte ventral hay una superficie articular para el hiomandibular.

Los proóticos sólo se ven por la cara ventral del cráneo; son más bien anchos y muy irregulares; se unen entre sí en el centro de la superficie ventral de la caja craneana y con otros huesos, pero no con el supraoccipital y los parietales. Tienen apófisis verticales y horizontales delgadas, las primeras altas y retorcidas.

El exoccipital corresponde a la apófisis neural de las vértebras; rodea el «foramen magnum» y protege el extremo anterior de la médula espinal; es visible por las caras dorsal y ventral del cráneo; está rodeado por el epiótico, opistótico, proótico y el basioccipital, y tiene ligeros contactos con el pterótico y el supraoccipital.

El opistótico forma la porción posterior de la cavidad craneal; es exterior al exoccipital; por delante y por los lados se une al proótico y al pterótico.

El basioccipital está debajo del «foramen magnum»; tiene un cóndilo occipital cóncavo; se une por delante con el proótico, dorsalmente con el exoccipital y ventralmente con el parasfenoides.

El nasal es plano, alargado; se articula por detrás con el borde anterior del frontal y descansa sobre el palatino.

El preorbitario es alargado, situado bajo el ojo; se articula con una apófisis ventro-lateral del prefrontal; grueso en su parte dorsal, es muy delgado en la ventral; protege la parte inferior del ojo.

Los suborbitarios son planos, delgados, y forman un círculo detrás del ojo; se diferencian poco de las escamas de las mejillas.

Mandíbulas

El premaxilar es largo, curvo, muy engrosado anteriormente; parte posterior aplanada y estrecha.

El maxilar es también estrecho y curvo; extremo anterior grueso, con una cavidad; descansa sobre el premaxilar.

Los palatinos están por fuera del vómer y se unen al extremo anterior del maxilar; poseen dientes. El pterigoideo es en forma de T y se une mediante su pequeño eje horizontal al palatino; por detrás se ensancha y se une a la cara interior del metapterigoideo y al cuadrado. El mesoptergoideo es plano, delgado, y se une al parasfenoides; tiene dientes villiformes.

El hiomandibular es robusto, ancho por arriba y cilíndrico por abajo; posteriormente se articula con el opérculo y por el otro extremo con el metapterigoideo.

El metapterigoideo es ancho y su borde dorsal es bifurcado y abraza al hiomandibular. El cuadrado es plano, casi triangular; en su ángulo anterior tiene una cavidad para articular con la mandíbula inferior; por debajo se une al preopérculo. El simpléctico es pequeño, en forma de espada por delante y aplanado por detrás; descansa en la parte inferior del cuadrado; su borde inferior, grueso, se une mediante cartílagos con el extremo inferior del hiomandibular.

El articular es robusto y forma con el dentario la mandíbula inferior; posteriormente se articula con el cuadrado. El angular, pequeño, se une firmemente al cuadrado.

Los dentarios forman el vértice de la mandíbula inferior, uniéndose en el plano sagital; posteriormente son largos y bifurcados, abrazando la apófisis central del articular; en su cara dorsal hay una fila de dientes agudos, curvados hacia dentro.

Aparato opercular

Entre los diversos huesos que forman el aparato opercular se encuentra el opérculo, plano, casi cuadrado; su ángulo anterior se articula con el hiomandibular. El subopérculo es triangular; su borde superior está cubierto por el opérculo, el anterior por el interopérculo, y el posterior es libre. El interopérculo es oval, con el borde inferior ligeramente aserrado, y forma el borde inferior del aparato opercular; se une al arco hioideo mediante un ligamento; su borde posterior es convexo. El preopérculo es ancho, curvo, uniéndose su borde vertical a un surco del hiomandibular, y el borde horizontal al pterigoideo y al cuadrado.

Arco hioideo

Los huesos del arco hioideo son: el glosohial, incluido en la lengua, espatuliforme; detrás están los hipohiales, unidos, formados de dos piezas, estrecha la superior y ancha la inferior, que cubre gran parte de la primera; el ceratohial es largo, plano, ensanchado posteriormente, con el borde superior cóncavo y con una larga apófisis en el anteroinferior, articulándose con el epihial mediante finas denticulaciones, y soporta los cuatro radios branquióstegos anteriores; el epihial es plano, triangular, y soporta los tres restantes radios branquióstegos; el interhial es pequeño, triangular, y une el arco hioideo al hiomandibular y al simpléctico por medio de cartílagos; el urohial es alargado, aplastado, más ancho posteriormente, unido por delante al hipohial y libre por detrás, donde tiene una superficie para inserción de los músculos del gnatate.

Los radios branquióstegos son siete huesos planos, delgados y curvos, que son tanto más anchos, largos y curvos cuanto más traseros.

Arcos branquiales

Los arcos branquiales están formados por los basibranquiales, huesos triples en línea recta: el primero se une al ceratohial; el segundo es corto, con hendiduras laterales que sostienen el primer arco; el tercero es el mayor, y cerca de su extremo anterior tiene otras fosas para soportar el segundo arco. El hipobranquial es corto, unido a los lados del segundo y tercer basibranquial. Los ceratohiales son muy largos, casi iguales, con un surco ventral. Los epibranquiales son cortos y muy curvos. Los faríngeos superiores e inferiores son, en general, estrechos.

Cintura escapular

La cintura escapular está formada de huesos llamados de membrana. Su parte superior está unida al cráneo; limita la parte anterior de la cavidad abdominal y también soporta las aletas pectorales. El postemporal está bien desarrollado, bifurcado, soportando la rama dorsal al epiótico y la ventral se articula con el nódulo central del opistítico. La supraclavícula es pequeña, oval, más o menos puntiaguda anteriormente, con borde inferior engrosado, articulándose por delante con la apófisis posterior del postemporal, descansando su mayor parte sobre la clavícula. Esta es larga y curva, con el extremo dorsal ancho y el ventral delgado y agudo; su masa principal forma dos alas, interna y externa, unidas casi en ángulo recto. El hiperacoracoides es pequeño, plano, con un orificio central; se articula por arriba y por dentro con la clavícula. El hipacoracoides está debajo, y en contacto con el hiperacoracoides, y el ángulo anterior de su porción dorsal se une a la clavícula. La postclavícula está formada por dos huesos: el antero-superior es laminar, algo arrañonado; el postero-inferior es ancho por delante y algo laminar, con agudas apófisis; posteriormente tiene una apófisis estiliforme corta.

Cintura pelviana

La cintura pelviana está formada por un par de huesos que sostienen las aletas ventrales, y están incluidos en la pared abdominal, sin contacto con el resto del esqueleto; ambos huesos se unen en el plano sagital y tienen tres partes: antero-externa, antero-interna y estiliforme; la primera se extiende en tres aletas: externa, interna y ventral.

Columna vertebral

La Conferencia de Madrid-Cádiz adoptó la sugerencia de Frade de que la enumeración de las vértebras debe hacerse excluyendo la última, soldada al urostilo, para evitar la confusión que puede presentarse si las apófisis de esa vértebra están también soldadas al mismo hueso. Frade cuenta, pues, $18 + 20 = 38$ vértebras en el atún, en vez de las 39 de Cuvier y Valenciennes, Mastermann, etc. Pero, si se quiere seguir el método antiguo, el

misimo Frade indica que la última vértebra puede siempre identificarse por presentar la base de sus apófisis hemales una «apófisis hipural» a cada lado en forma de yunque, dirigido horizontalmente de delante a atrás. Se puede contar, por tanto, incluyendo la primera vértebra soldada al cráneo, $18 + 21 = 39$ vértebras. En 110 ejemplares obtuvo Frade los siguientes resultados : 95 (el 86,36%) con 38 vértebras (sin la última) ; 8 (7,26%) con 37 ; 6 (5,45%) con 39 ; 1 (0,99%) con 40. Media = 38,00 ($= 18 + 20$).

Admitiendo 39 vértebras, 18 son abdominales o precaudales, y 21 caudales, siendo su fórmula $18 + 21 = 39$. Todas las vértebras están firmemente articuladas entre sí, y, excepto las dos últimas, tienen muy poco movimiento lateral. No hay, como hemos visto, gran diferencia entre el número de las vértebras precaudales y caudales, pero puede haber errores por estar bien desarrollada la apófisis hemal en algunas de las primeras ; es de notar también que estas apófisis están curvadas hacia delante en varias vértebras precaudales. La forma y estructura de las vértebras difiere notablemente según su situación, variando más las situadas al principio y al final de la columna vertebral ; las centrales son más homogéneas. Presentan cuatro pares de apófisis, muy desarrolladas las neurales anteriores ; algunas vértebras precaudales tienen apófisis laterales. La primera vértebra es muy corta y está sólidamente unida al cráneo mediante una complicada sutura.

Vértebras precaudales

Se pueden dividir en dos grupos : sin arco hemal o con éste abierto (vértebras primera a novena) y con arco hemal cerrado (10^a a 18^a).

Según Frade, en todas las vértebras del primer grupo, especialmente las primeras, el cuerpo es deprimido dorso-ventralmente, con diámetro máximo vertical próximamente igual al longitudinal. La primera vértebra, soldada al cráneo, conserva independientes el arco y apófisis neurales. Las apófisis neurales de las seis primeras vértebras son anchas longitudinalmente, foliáceas, especialmente las segunda a quinta, debido, en gran parte, a la fusión con la prezigapófisis superior. De la tercera o cuarta hasta la sexta u octava se encuentran hemapófisis laterales (parapófisis, diapófisis y apófisis transversas de Kishinouye). Las prezigapófisis superiores de las vértebras segunda a quinta se sueldan, dorsalmente, con las apófisis neurales respectivas, presentando una ancha superficie articular para la postzigapófisis superior de la vértebra precedente ; en las vértebras siguientes son ganchudas y separadas de las apófisis espinosas. No existen en esta región prezigapófisis inferiores, y las postzigapófisis inferiores se encuentran inmediatamente detrás de las hemapófisis, lateralmente o inferiormente.

Las hemapófisis laterales son muy pequeñas en la cuarta vértebra y mayores en las quinta y sexta, seguida en ésta última de una postzigapófisis ; la distancia entre la punta de las hemapófisis de la sexta vértebra es siempre menor que tres cuerpos de vértebra de esta región del raquis. En la séptima, las hemapófisis son aún pequeñas, y su eje antero-posterior presenta una torsión de 90° ; se dirigen un poco hacia adelante y abajo. En las octava y novena, las hemapófisis son largas, netamente dirigidas

hacia adelante, pero no cierran un arco hemal, y tocan por delante la base de las postzigapófisis siguientes.

En el segundo grupo de vértebras, con arco hemal cerrado, los diámetros transversal y vertical del cuerpo de las mismas son casi iguales, pero algo mayor el primero; el longitudinal es sensiblemente igual al vertical. El arco hemal de la décima vértebra está formado por una apófisis espinosa hemal muy inclinada oblicuamente hacia adelante; en las vértebras siguientes las apófisis espinosas son cada vez más largas, salvo las tres o cuatro últimas, siendo siempre mayores las neurales que las hemales; éstas tienen el extremo algo espatulado para la articulación con las costillas hemales. Hasta la vértebra 13.^a, por lo menos, la espina hemal se dirige oblicuamente hacia adelante; a partir de la 14.^a se dirige hacia atrás. Esta inclinación varía según las especies, así como la longitud de las espinas. Las pre y postzigapófisis, superiores e inferiores, son como en el grupo anterior.

La espina hemal de la décima vértebra es algo mayor que la flecha del arco; la altura total de éste iguala a vez y media la longitud del cuerpo de la misma vértebra. En las 14.^a y 15.^a la altura es la misma, pero en las siguientes no es mayor de dos veces la longitud del cuerpo. La línea que une la punta de una de las hemapófisis de la décima vértebra con la de la espina hemal de la 15.^a forma un ángulo de unos 10° con el eje del raquis. La pequeña altura de la musculatura hipoaxial, que es la mitad próximamente de la epiaxial, está en relación con la longitud reducida de las espinas hemales, lo que da mayor espacio a la cavidad del cuerpo. La flecha del arco hemal se reduce ligeramente en las últimas precaudales. Las prezigapófisis se encuentran a partir de la 15.^a vértebra.

Vértebras caudales

Los tres diámetros de las vértebras de esta región (19.^a al urostilo) son casi iguales, pero en el pedúnculo caudal (32.^a a 35.^a ó 36.^a) el vertical se acorta y los cuerpos resultan muy deprimidos. Las espinas neurales, que habían empezado a acortarse en la región anterior, precaudal, continúan disminuyendo, así como las hemales; éstas, sin embargo, son algo más largas por fusionarse con las costillas, siendo visible, por lo menos en las primeras caudales, una línea de sutura (Mastermann, Frade). Hacia la cola, a partir de la 31.^a vértebra, las espinas neurales y hemales se inclinan cada vez más hacia el cuerpo y se ensanchan transversalmente, de suerte que de la 33.^a a la 35.^a se presentan como láminas anchas, horizontales, que cubren la vértebra siguiente; más adelante, las espinas se enderezan y se disponen en abanico paralelamente a los bordes anteriores del urostilo.

El cuerpo de la última vértebra se fusiona con el urostilo, quedando separados los arcos neural y hemal; la espina neural presenta en la base una dilatación con una escotadura (apófisis neurales rudimentarias), metida en una depresión dorsal del cuerpo de la vértebra, limitada a su vez por dos prezigapófisis erectas, bastante desarrolladas; la espina hemal presenta también en la base apófisis hemales rudimentarias, limitantes del arco hemal representado por una pequeño orificio; cada una de estas apófisis origina

otras dos, superior e inferior, separadas por una escotadura que recibe una prezigapófisis dirigida hacia atrás. La apófisis inferior se proyecta oblicuamente hacia adelante y afuera; la superior (hipural) forma una especie de yunque, con la rama anterior truncada, y la posterior puntiaguda, dirigida horizontalmente hacia atrás siguiendo el eje del urostilo, al que recubre en su tercio anterior.

A partir de la 23.^a vértebra (5.^a caudal) y, en general, hasta la 32.^a, existe un pedículo óseo, en la base de la hemapófisis, dirigido oblicuamente hacia el cuerpo de la vértebra con el cual se suelta limitando un foramen inferior. A los lados de los cuerpos de las vértebras 32.^a a 36.^a hay una quilla formada por una lámina ósea delgada, pero bien desarrollada, que alcanza su máxima expansión en la 34.^a; esta quilla es rudimentaria en la parte posterior de la 32.^a, en tanto que, en la última vértebra, forma una lámina que corre a lo largo del cuerpo vertebral, disminuyendo progresivamente de delante a atrás.

En el atún, las espinas neurales de las vértebras 19.^a a 27.^a están más inclinadas sobre el eje del raquis que en el Bonito del Norte o *Th. alalunga*; las pre y postzigapófisis inferiores son también cortas y, sobre todo, más robustas que en la especie citada. El cuerpo de la 36.^a es casi cuadrado. La expansión máxima de las quillas de la 34.^a iguala a vez y media la longitud del cuerpo de la misma vértebra; las quillas de la 35.^a son más cortas que en *Th. alalunga*.

Costillas, huesos intermusculares e interespinosos

Las costillas se desarrollan a partir de la segunda vértebra y son anchas y comprimidas; se hallan en el borde antero-interno de los miotomos pre-caudales; las situadas a los lados del arranque de la arteria subcutánea son delgadas en su parte proximal para no obstaculizar el paso de la sangre. Los huesos intermusculares se extienden desde la región cefálica a la caudal, unidos al arco neural de la primera vértebra y a la línea media lateral de las demás; son largos y delgados, y llegan, en general, a la unión de las partes superficial y profunda del músculo lateral rojo oscuro. Los huesos interespinosos sostienen las aletas dorsales y la anal.

Ninguno de estos huesos ha sido objeto de estudios recientes especiales en el atún europeo.

Otolitos

La Conferencia de Madrid-Cádiz recomendó el estudio de los otolitos por sus posibles relaciones con la edad. Frade, unos años antes, describió una técnica sencilla para aislarlos: se corta la cabeza del atún por el plano sagital y entonces se ve, al lado de la abertura del agujero occipital, parte del laberinto membranoso, el canal semicircular anterior y su ampolla, parte del canal posterior, el utrículo y parte del sáculo. Este, muy largo, se aloja casi por completo en una cavidad del laberinto óseo, que se extiende por debajo del canal occipital, y contiene un gran otolito. La lagena, situada en la parte posterior, contiene otro otolito pequeño, lenticular. Al hacer el corte

sagital del cráneo sólo se ve la abertura de la cavidad del sáculo, pero es suficientemente ancha para extraer el otolito. Este es de morfología compleja; su cara interna presenta un surco profundo longitudinal que separa dos láminas: una, superior, corta; y otra, inferior, larga y algo helicoidal, cuyo ápice toca el extremo de la cavidad del sáculo; en el borde de esta lámina inferior hay un surco poco profundo, pero muy largo, que se extiende de un extremo a otro de la lámina. Ambas láminas están separadas posteriormente por una hendidura, y la parte más alta de la superior presenta dos crestas denticuladas separadas por un surco oblicuo en relación con el borde inferior de la lámina mayor. La cara externa del otolito presenta también un surco muy aparente, que es más profundo en su parte posterior a causa de un saliente dirigido hacia afuera y hacia abajo colocado en el ángulo externo de la lámina superior. A lo largo del borde inferior de este surco se notan perfectamente los extremos de las estrías de la lámina superior, lo que permite enumerar las zonas de crecimiento. Lo irregular del otolito no permite que estas zonas se vean en un corte o en un plano obtenido desgastándolo sobre una piedra de esmeril, lo que sería muy cómodo para estudiarlos.

* * *

Los naturalistas americanos Godsil, Byers y Holmberg han diseccionado en tiempos recientes (1944, 1950) 25 ejemplares del atún vulgar (*Bluefin*) californiano y 6 de Rhode Island, o sea de la costa atlántica de U. S. A. En todos ellos examinaron y compararon, con el fin de hallar caracteres distintivos de los túnidos afines, 48 huesos distintos; eliminados varios, por no presentar notables diferencias, consideran que los más importantes son 28 (vómer, esfenótico, supraoccipital, parietal, pterótico, opistótico, basioccipital, parasfenoides, basisfenoides, proótico, alisfenoides, hiomandibular, cuadrado, mesopterigoideo, metapterigoideo, preopérculo, opérculo, subopérculo, interopérculo, articular, epihial, ceratohial, glosohial, urohial, supraclávula, conjunto clavicular, posttemporal, cintura pelviana). Aunque, en líneas generales, se conoce bastante bien el esqueleto del atún europeo, creemos necesario practicar una serie de disecciones análogas a las americanas para coadyuvar a la separación o fusión de las distintas razas o especies.

APARATO CIRCULATORIO

El aparato circulatorio del atún y de las especies afines presenta particularidades tan notables que, como antes hemos indicado, indujeron al Profesor Kishinouye a agruparlas en un Orden nuevo: los *Plecostei*. La cantidad de sangre es muy considerable, los vasos muy numerosos, el corazón de gran volumen; se desarrolla extraordinariamente un sistema vascular cutáneo, o mejor subcutáneo (Frade), que origina un plexo en los músculos laterales; también existe un plexo sanguíneo muy importante en el hígado.

El sistema subcutáneo fué descubierto por Cuvier, que lo describe muy concisamente: al levantar la piel, se halla bajo la línea lateral un gran vaso de cuya cara externa salen, hacia arriba y hacia abajo, numerosas ramas

que van a los músculos vecinos; por la cara interna también salen numerosas ramas que van a una membrana glandulosa gruesa. Más tarde, en 1836, Eschricht y Müller describieron el plexo situado en la cara interna del hígado. En 1918 y 1923, Kishinouye estudió minuciosamente los vasos del atún japonés.

Modernamente, Frade ha vuelto a estudiar detenidamente el aparato circulatorio del atún europeo en ejemplares pequeños (cachorretas de 80 cm.) y grandes (hasta de 2,70 m.). A continuación resumimos sus observaciones.

El esquema general de la circulación de nuestra atún concuerda bastante bien con la del japonés (*Thunnus orientalis* (Temminck et Schlager)), salvo en que, en aquél, faltan las anastomosis de las carótidas internas, lo que cambia el aspecto del sistema. También se observa una reducción del calibre de los vasos epiaxiales.

Detrás de la Y de la aorta, situada al nivel de la segunda vértebra, o de la unión de ésta con la tercera, se le unen las epibranquiales posteriores (tercera y cuarta eferente) que forman un corto tronco colocado al nivel del comienzo de la tercera vértebra; después, al nivel de la cuarta vértebra, arrancan la arteria celiaco-mesentérica, muy importante, por el lado derecho, y, a ambos lados, las pequeñas subclavias. Al nivel de la quinta vértebra nacen las arterias subcutáneas, una a cada lado, formando entre sí un ángulo de unos 120 ó 140° y de 60 ó 70° con la aorta. Con las venas correspondientes, pasan entre la tercera y cuarta costillas y entre el cuarto y el quinto hueso intermuscular, y tanto la arteria como la vena se dividen en dos ramas: dorsal o epiaxial y ventral o hipoaxial. Las venas subcutáneas, derecha e izquierda, vierten en el canal de Cuvier; por detrás, hacia la cola, se fusionan con una vena muy delgada que se anastomosa con la vena caudal, alojada en el arco hemal.

Estas venas y arterias epi e hipoaxiales, que corren por los flancos del animal debajo de la piel, dan origen a las venillas y arteriolas que originan el plexo del *sangacho* o masa muscular lateral de color rojo negruzco, y a los vasos segmentarios. Según Frade, las ramas venosas y arteriales presentan una disposición muy diferente de la del *Th. orientalis*, no teniendo analogía más que con las del *Parathunnus mebachi*. A todo lo largo de las venas subcutáneas se encuentran dos filas alternas de ramificaciones, una interna y otra externa. La externa está formada de pequeños senos venosos que se engruesan en su parte distal, donde se resuelven en haces de vénulas; la fila interna no tiene senos y los haces nacen directamente de la vena. Las arterias también originan dos filas de ramas, una interna y otra externa: las externas nacen alternando con los senos de la vena subcutánea (al contrario de las de *P. mebachi*, en el cual nacen debajo de los senos), y los haces de arteriolas nacidas de esos ramos pasan por encima de los haces de vénulas (lo contrario sucede en *P. mebachi*); las internas se dividen desde su nacimiento en haces de arteriolas. Estas vénulas y arteriolas se entremezclan y forman el plexo laminar, que se considera como el proveedor de la energía necesaria para los largos desplazamientos de un pez tan buen nadador.

Las arterias y venas subcutáneas epi e hipoaxiales dan origen también a los vasos segmentarios, caminando las ramas venosas por encima de las

arteriales, para regar, respectivamente los músculos de las regiones dorsal y ventral.

Frade, además de la falta de anastomosis de las carótidas internas, ya indicada, notó otra particularidad, que parece separar a nuestro atún del de aguas japonesas: la reducción del calibre de los vasos epiaxiales en relación con los hipoaxiales. En efecto, la arteria hipoaxial se estrecha gradualmente hacia la parte posterior, donde se continúa insensiblemente por la anastomosis que la une a la aorta dorsal, al nivel de la 32.^a vértebra, en tanto que la epiaxial se estrecha bruscamente hacia la parte posterior, y su extremo, de muy escaso calibre, se une a la hipoaxial. Las venas subcutáneas presentan estos mismos caracteres. Esta reducción acaso conduzca a una atrofia semejante a la que se encuentra en los vasos hipoaxiales de los *Katsuwonidae*.

Frade rechaza la afirmación de Roule de que los atunes pequeños carezcan de estas redes de vasos, pues los ha hallado en ejemplares (cachorretas) de 80 cm., inmaduros.

Frade no pudo comprobar, en los trabajos de que tomamos los datos anteriores, si la vena caudal está en conexión directa con los canales de Cuvier o no.

El sistema visceral o plexo en la cara interna del hígado fué descrito por Eschricht y Müller. Presenta una gran masa, cónica, sobre el lóbulo medio; dos grandes masas cónicas sobre el lóbulo derecho; y, sobre el lóbulo izquierdo, hay otras dos masas, menos gruesas, separadas por un repliegue hepático. En la superficie del hígado, las vénulas hepáticas forman radiaciones muy finas.

* * *

Los datos anteriores son muy importantes, pero resultan incompletos si los comparamos con los obtenidos por Kishinouye, y más recientemente por Godsil, Byers y Holmberg en el *bluefin* americano. Estos sabios, mediante una técnica especial, han conseguido inyectar las arterias y venas de numerosos ejemplares hasta sus más finas ramificaciones. Sus investigaciones, muy detalladas, pues han hecho un dibujo de los vasos de cada ejemplar, las exponen en tres secciones: primera.—Sistema arterial anterior (aorta dorsal, formada por las dos epibranquiales, formadas a su vez por las primera y segunda eferente branquiales; epibranquiales posteriores, formadas por las cuarta y quinta eferentes branquiales; celiaco-mesentérica, en el lado derecho; subelavias subcutáneas; continuación de la aorta por el tejido renal y entrada en el canal hemal); segunda.—Sistema arterial visceral (arteria celiaco-mesentérica y sus ramas II y III (hígado, vejiga natatoria, estómago, bazo, masa cecal, vesícula biliar, etc.); y tercera.—Sistema subcutáneo; pues en el atún ordinario americano falta la cuarta sección, correspondiente a la vena postcardinal. La repetición de estas investigaciones en el atún europeo nos parece indispensable para afirmar o negar su parentesco con el de la costa atlántica de los U. S. A. y el del Pacífico, que anda en litigio, especialmente en lo que se refiere a las ramificaciones de las venas subcutáneas.

CAVIDAD ABDOMINAL Y SUS ÓRGANOS

La disposición de los diversos órganos dentro de la cavidad abdominal es típica en el atún y le diferencia de las especies afines. Abierta por la parte ventral presenta, en la parte anterior, el hígado; detrás, la masa de los ciegos pilóricos; a continuación, de izquierda a derecha (o sea de derecha a izquierda con el animal en su posición normal), el bazo, el intestino medio y el terminal, y el estómago. Los otros órganos quedan, en general, ocultos por los citados.

Aparato digestivo

El esófago es corto. El estómago es un saco cónico bastante largo, cuyo fondo alcanza la parte posterior del bazo y casi la extremidad del duodeno; la superficie externa está recubierta de una membrana peritoneal gruesa; la cara interna presenta numerosos repliegues, sinuosos, longitudinales, muy difíciles de contar por presentar diversas anastomosis. El píloro es tubuliforme, y se origina por debajo y un poco a la izquierda de la parte anterior del estómago, muy cerca de la abertura esofágica; se dirige primero hacia atrás y gira enseguida hacia la derecha; su pared es más muscular que la del estómago y su cara interna presenta pliegues que son continuación de los del estómago. El duodeno se separa del píloro por un estrechamiento bien marcado, en el que se aprecia la transición brusca entre la capa muscular gruesa del esfínter gástrico y la mucho más delgada de la pared intestinal; se dirige hacia adelante y a la izquierda, sube oblicuamente y, alcanzando la línea media del saco estomacal, sigue paralelamente esta línea hasta casi la extremidad del recto; en este punto comienza el intestino medio, que forma un ángulo con el duodeno donde se aloja el bazo; sigue hacia adelante hasta el extremo anterior de éste, y girando hacia atrás se continúa con el recto. O sea que el intestino presenta tres tramos rectos unidos por dos ángulos o asas muy cerrados.

Ciegos pilóricos

En la parte inicial del duodeno desembocan los tubos pilóricos, que forman con los ciegos pilóricos un conjunto voluminoso, envuelto en una membrana peritoneal. Cada rama de los tubos pilóricos, con sus haces de ciegos, está envuelta a su vez por una membrana conjuntiva.

Hígado y vesícula biliar

El hígado presenta tres lóbulos: el central es el más puntiagudo y el derecho el más desarrollado. Las vénulas hepáticas forman finas radiaciones

en su superficie. En la cara interna están las masas del plexo vascular visceral, ya indicadas al tratar del aparato circulatorio.

La vesícula biliar es muy larga, sinuosa, y presenta un notable estrechamiento anterior, situado a $1/4$ de su longitud total; está colocada a lo largo del intestino y del lado interno del lóbulo derecho de hígado; su longitud es igual a la que hay desde el píloro al fondo del estómago. El calibre disminuye gradualmente hacia su extremo anterior, donde origina el conducto cístico.

B a z o

El bazo es proporcionalmente mayor en el atún que en las especies afines. Ocupa el espacio comprendido entre el duodeno y el intestino medio. Su diámetro es poco considerable en la parte anterior, pero luego se ensancha mucho, después de la parte media, volviendo a estrecharse bruscamente hacia el extremo posterior. Este órgano muestra bien los surcos que origina su contacto con el intestino y la vesícula biliar: en la parte superior se encuentra el correspondiente al duodeno, y en la inferior el del intestino medio; otro, menos profundo, situado en la cara interna, muy cerca del borde interno del surco inferior, corresponde a la vesícula biliar.

Frade ha encontrado anomalías, como una en la que el bazo no estaba alojado entre el duodeno y el intestino medio, por estar estas porciones intestinales adheridas en toda su extensión, sino recubriendo los tres segmentos intestinales, lo que da un aspecto totalmente diferente del normal.

Vejiga natatoria

La vejiga natatoria del atún fué descrita, en 1877, por Malm; Roule, en 1926, y Frade, en 1925 y 1930, indican detalladamente su forma, que es como un deltoide, con el ángulo anterior formado por los lados más pequeños y el posterior, más agudo, por los mayores; en la región anterior presenta dos dilataciones, bien patentes y sensiblemente simétricas, que recuerdan las de *Parathunnus mebachi*; en la región central tiene otras dos dilataciones muy desarrolladas, detrás de las cuales la vejiga se estrecha, primero bruscamente y después más suavemente; la extremidad posterior es bífida, formando dos divertículos terminales casi simétricos. La cara ventral de la vejiga es muy convexa; la dorsal lo es menos, y comunica, mediante un ancho orificio, con un divertículo cónico cuyo ápice toca la extremidad del saco principal, como en *Thunnus orientalis*. En la especie europea, el orificio, ancho y circular, se encuentra, próximamente, a los $4/7$ de la longitud total del órgano medidos desde el extremo anterior. La vejiga carece de comunicación con el tubo digestivo. En la región anterior, cerca de la entrada de la arteria que riega la vejiga, se encuentran las «glándulas rojas» o *rete mirabile*, cuyos capilares se parecen a las ramificaciones de un alga roja que se hubiera aplastado contra la vejiga.

La vejiga no parece ser un órgano de forma y tamaño muy constante ni en nuestro atún ni en el del Pacífico. Es frecuente encontrarla poco desarrollada, y Sella (1928) ha hallado diferencias importantes entre el volumen

relativo de la vejiga en los atunes pequeños de 10-30 Kg., en los que suele ser una sencilla cinta estrecha, que sólo ocupa una pequeña porción de la bóveda abdominal, y en los de gran tamaño, 100-200 Kg., en los que forma un gran saco neumático que recubre la bóveda por entero. El mismo autor ha comprobado que la vejiga es grande en los atunes genéticos antes de poner, en contra de la afirmación de De Buen que suponía que después de la puesta y del adelgazamiento del animal, con aumento de su peso específico, era cuando se agrandaba la vejiga. La mayoría de los ejemplares observados por Sella, hacia mediados de junio, tenían las glándulas sexuales muy avanzadas y la vejiga natatoria extendida por toda la longitud de la bóveda abdominal; pocos individuos dejaban al descubierto una parte de esa región. Correlativamente a los fenómenos reproductores, se manifiesta un cambio de consistencia en las paredes de la vejiga y sus fibras reticuladas: en algunas almadrabas de «retorno» se salan las vejigas, en tanto que jamás son utilizadas en las de «derecho».

Las anomalías no parecen raras, y Frade ha descrito una consistente en que la vejiga es asimétrica, no sobrepasando apenas el saco principal del borde inferior de la implantación del divertículo dorsal; la vejiga toma así la configuración de una cercaria de *Fasciola*, cuyo saco principal sería el cuerpo y el divertículo dorsal la cola. El saco principal no presentaba dilataciones frontales, y las tumefacciones anteriores disimétricas debían ser consideradas como las dilataciones laterales de la vejiga normal. El atún de que fué extraída esta vejiga no parecía presentar otras anomalías.

Aparato excretor

El riñón, el uréter y la vejiga urinaria, bien conocidos en el atún norteamericano (pacífico y atlántico), no han sido aún estudiados con detalle en los ejemplares europeos: es una tarea más para nuestros investigadores futuros.

Aparato genital

El atún carece de caracteres sexuales externos que diferencien los machos de las hembras. En los animales maduros los gónadas alcanzan gran tamaño; y quedan flácidas y disminuidas después de la puesta.

Los ovarios son órganos pares, alargados, piriformes, amarillentos, unidos en la parte posterior formando un oviducto, corto y ancho, que se abre como una hendidura en la papila post-anal. La sección de los ovarios es ovalada, y a primeros de junio miden $50 \times 10 \times 4$ cm. en las hembras de 1,50 m. de talla, y $60 \times 11 \times 5$ cm. en las de dos m. de longitud; también los hay de 70 centímetros; pesan varios kilos (Frade, Manaças, Heldt); a veces un ovario es algo mayor que el otro (67 cm. el derecho; 62 el izquierdo). Como en las fábricas se separan y cuentan cuidadosamente los ovarios para preparar las huevas, se sabe la proporción de machos y hembras. Las hembras parecen menos numerosas al comienzo de la pesca (420 por 1.000), pero la diferencia se atenúa a medida que el tiempo avanza, y a fines de junio hay más hembras que machos.

Los testículos son también órganos pares, alargados, de sección casi triangular y bordes cortantes, de color blanco-lechoso en la madurez, midiendo entonces 40 cm. en atunes de 1,55 m. (primera mitad de junio) y 72 x 23 centímetros en un macho de 2,38 m. (segunda mitad del mismo mes) (Frade, Manaças).

Se citan algunos casos de ejemplares hermafroditas, con un ovario y un testículo (Heldt). El gran tamaño de los ovarios, teniendo en cuenta que los óvulos miden alrededor de un milímetro de diámetro, indica la enorme fecundidad de la especie. Más adelante, al tratar de la reproducción, indicaremos la estructura histológica de las gónadas, que se encuentran colocadas en la parte dorsal de la cavidad del cuerpo.

Es curioso que los modernos anatómicos americanos, investigadores tan concienzudos de los tinnidos, no hayan publicado estudios sobre el aparato genital.

VI. BIOMETRIA

En las descripciones que hemos transcrito en las DIAGNOSIS se encuentran datos sobre las dimensiones y las proporciones de las diferentes partes del cuerpo del atún. Las Conferencias internacionales han recomendado también el cálculo sistemático de varios «índices biométricos» y el recuento de ciertos órganos. Los índices no poseen una precisión suficiente para comparar individuos de tallas diversas, por no obedecer, en general, a la ley de Gauss muchas de las proporciones estudiadas, que cambian con la edad: los errores propios del método no permiten descubrir más que grandes diferencias, por lo que, al confrontar ejemplares desemejantes por su talla, se debe recurrir a otro procedimiento, que es el de la *regresión* de unas dimensiones respecto a otras. Resumimos a continuación los datos biométricos conocidos sobre nuestra especie, empezando por los más triviales y más antiguamente conocidos por su interés comercial, es decir la talla y el peso; después trataremos de otras medidas, de las proporciones y de los «índices», pues, desdichadamente, nadie, que sepamos, ha aplicado aún los cálculos de regresión al atún.

TAMAÑO Y PESO

El atún puede alcanzar tamaño y peso muy considerables; corrientemente se pescan ejemplares de 1,5 m. a 2,5 m. de longitud, pero también se cogen de tres metros y más; el peso es de unos 100 a 200 kilos, pero en la almadraba italiana de Tono se han capturado de 500 (1909). Cetti, en el siglo XVIII, los menciona de 1.000 libras en Cerdeña, y aun de 1.800. El mayor que hemos visto nosotros pesaba 402 kilos (Isla Cristina, 1923) y media más de tres metros. Los atunes que frecuentan el Atlántico N. E. (Mar del Norte, etc.) suelen ser de gran tamaño, con gran satisfacción de los pescadores deportivos que consiguen piezas de 283, 307 y 350 kilos (Lebedeff); también en el Mar de Mármara los hay de 500 y más kilos, aunque

se debe dudar de una noticia del periódico «Akshn», de Estambul, según el cual se había pescado en el Bósforo un atún gigante de unos 1.000 kilos, en diciembre de 1934.

Heldt ha deducido, del estudio de diversas estadísticas, que el atún del Golfo de León pesa un promedio de unos 20 kilos (de 408 pesadas, sólo 29 alcanzaron o sobrepasaron los 100 kg.) y en los capturados por las almadrabas se halla la siguiente escala de pesos medios: 70 kg., en las de Túnez; 80, en Trípoli; 115-120, en Cerdeña; 120, en España; 120-130, en Sicilia; y 135-145, en Marruecos atlántico. El contraste entre el peso del atún de la costa mediterránea de Francia y el de las almadrabas, se ha querido explicar suponiendo que los grandes atunes proceden del Atlántico y que, cruzado el Estrecho de Gibraltar, siguen hasta tropezar con Cerdeña y un poco después con Sicilia; pero se trata de una simple hipótesis, sin más apoyo, acaso, que el haberse observado que los atunes sobre los cuales se han cogido anzuelos de procedencia atlántica eran de bastante tamaño, con pesos de 100 (Heldt), 120 y 150 kilos (Sella).

Ya hemos indicado, al tratar de la SINONIMIA, que los pescadores españoles y portugueses designan con diversos nombres al atún según su peso: *Cachorretas* (de 5 a 6 kg.), *Albacoras* (de 10 a 12), *Atuarros* (de 45-50) y *Atunes* (de 100-120, y más). En Cerdeña sucede lo mismo.

No se han hecho muchas investigaciones para calcular la correlación entre la talla y el peso del atún, aunque existen bastantes datos sueltos; sólo conocemos una curva, trazada por Frade, basada en 308 ejemplares del Algarbe, en la que a una longitud del cuerpo de 120 cm. corresponden 27 kilogramos de peso; a 140 cm., 44 Kg.; a 160 cm., 68 Kg.; a 180 cm. 87 kilogramos; a 200 cm., 116 Kg.; a 220 cm., 144 Kg.; a 240 cm., 182 Kg.; y a 270 cm., 278 Kg. (Prescindimos de los valores intermedios). La curva es parabólica y se ve, en los atunes grandes, que el peso crece más deprisa que la talla. No se han hecho cálculos del llamado «factor de condición» (*Condition factor*), ni de la regresión de los pesos, o sus logaritmos, sobre las tallas, o sus logaritmos, como han realizado para sus tinnidos diversos biólogos del Pacífico, japoneses (Hiratsuka, Mori, Ikebe, Aikawa, Kato) y americanos (Schaefer, Marr). Sería muy importante relacionar, como lo ha efectuado Aikawa, la edad, la talla y el peso de nuestro atún, trabajo que no deben olvidar los investigadores futuros para ganar el retraso que en éste, como en tantos otros temas biológicos, sufren los naturalistas europeos.

Los atunes de la costa atlántica de los Estados Unidos y del Sur del Canadá son, en general, de gran tamaño, al menos los que capturan los pescadores deportivos.

OTRAS MEDIDAS

La Conferencia de Madrid-Cádiz y las sucesivas, han recomendado para el estudio de los tinnidos la determinación de las medidas siguientes, repartidas en tres grupos:

Primer grupo (medidas ya ensayadas): Desde el origen (extremo del hocico, sobre la sínfisis intermaxilar) al centro de la horquilla caudal (longitud del cuerpo), símbolo = L_s ; Origen al borde anterior del ojo (dis-

tancia preorbitaria), L_1 ; Origen al borde posterior del ojo, L_2 ; Origen al punto más elevado del borde posterior libre del opérculo (longitud de la cabeza), L_3 ; Origen al punto superior del origen de la aleta pectoral, L_4 ; Origen a la base del primer radio de la primera dorsal, L_5 ; Origen a la base del primer radio de la segunda dorsal, L_7 ; Origen a la base del primer radio de la ventral, L_8 ; Origen al borde posterior del ano, L_9 ; Longitud de la pectoral, L_{12} ; Altura del cuerpo al nivel del primer radio de la primera dorsal, L_{10} ; Diámetro interorbitario, L_{13} .

Segundo grupo (medidas de fácil ejecución): Origen al punto más alejado del borde del preopérculo; Altura del cuerpo al nivel del ano, L_{14} ; Longitud de la mayor sección transversal de las quillas laterales; Diámetro intermaxilar, L_{15} ; Origen a la extremidad de la mandíbula superior, L_{17} ; Origen a la comisura bucal, L_{18} ; Altura de la primera dorsal (radios primero y segundo); Altura de la segunda dorsal; Altura de la anal; Altura de cada lóbulo de la caudal.

Tercer grupo (otras medidas importantes): Fórmula de los radios de las aletas, comprendidas las pinnulas; Fórmula de los radios branquiostegos; Fórmula de las branquispinas; Diámetro máximo del globo ocular enucleado; Distancia de la pectoral a la primera dorsal; Longitud de las bases de la primera y segunda dorsal; Distancia desde la base del primer radio de la primera dorsal al ano (para obtener un gráfico específico, triangular, formado por el hocico, la primera dorsal y el ano (Postel); otro triángulo específico podría estar formado por el primer radio de la segunda dorsal, el nacimiento de la cola y el primer radio de la anal (Lozano).

El número de branquispinas debe ser contado en el primer arco branquial izquierdo del pez, aunque hay que advertir que son más numerosas al aumentar la edad.

Entre las medidas ponderales deben tenerse en cuenta: peso total; peso de la cabeza; peso sin vísceras; peso de las glándulas sexuales; peso del hígado; peso de las vísceras. El peso del hígado parece inversamente proporcional al de las gónadas. Para el índice de nutrición se compararán el peso total y la talla.

A causa de las dificultades para la manipulación de unos animales tan voluminosos como son los atunes y para la construcción de calibres o pies de rey livianos y absolutamente rígidos, se recomienda el empleo de una cinta métrica, sujeta al extremo del hocico mediante un punzón, para tomar las medidas, siguiendo el contorno del cuerpo. El ideal sería tomar las medidas en línea recta, como hacen los americanos, si bien el material que ellos han medido en abundancia (*Neothunnus macropterus*) es de talla bastante menor que nuestro atún. En las Conferencias internacionales se ha hablado de un aparato para toda clase de medidas, ideado por Lozano, pero este instrumento no ha pasado aún del estado de proyecto.

Los naturalistas americanos, después de ensayar muchas medidas, las han reducido en número, escogiendo: las más apropiadas para evidenciar las diferencias posibles, las más fáciles de medir y las más utilizadas por los autores precedentes. Son las siguientes: Longitud total (hocico-horquilla caudal); Longitud de la cabeza; Hocico-inserción D^1 (D^1 = primera dorsal); Hocico-inserción D^2 (D^2 = segunda dorsal); Hocico-inserción A

(A = anal); Hocico-inserción V (V = ventral); Altura máxima; Longitud de la pectoral; Inserción P (P = pectoral)—inserción D¹; Longitud de la base de D¹; Id. de la D²; Separación de los lóbulos de la C (C = caudal); Longitud del mayor radio de D¹; Longitud del primer radio de D²; Longitud de D²; Longitud de A; Longitud de la mayor pinnula dorsal; Diámetro del iris; Longitud del maxilar; Altura mínima del pedúnculo caudal; Anchura máxima del pedúnculo caudal al nivel de las quillas; Número de radios de D¹; Número de pinnulas dorsales; Id. ventrales; Id. de branquias; Sexo; Peso.

Se deben medir los ejemplares frescos, no congelados o conservados de otra manera; se deben publicar todas las cifras originales, las estadísticas de regresión, o ambas. La comparación de las regresiones parece indispensable por no ser uniforme el crecimiento de las diversas partes del cuerpo, lo que hace cambiar los «índices biométricos» reduciendo o anulando su utilidad.

Los autores que han medido gran cantidad de atunes, o sea Heldt, en Túnez, y Frade, en Portugal, no han publicado sus datos numéricos originales sino los índices calculados con ellos. Por ello creemos interesante transcribir a continuación las medidas de un ejemplar muy pequeño, procedente de Aguilas (Murcia), tomadas por De Buen, y las del único ejemplar de la región canario-africana que se ha medido hasta ahora (Bellón y Bardán).

M E D I D A S	De Buen	Bellón y Bardán
Longitud total	172 mm.	1.310 mm.
Idem cabeza	43 »	345 »
Diámetro ojo	10 »	150 »
Espacio preorbitario	12 »	115 »
Hocico a borde posterior ojo		130 »
Espacio interorbitario	13 »	
Idem postorbitario	23 »	
Longitud pectoral	20 »	240 »
Hocico a D ¹	53	340 »
Idem a D ²		640 »
Idem a V	53 »	420 »
Idem a A	105 »	750 »
Altura (al nivel de la cintura pelviana) ...		290 »
Pinnulas dorsales en número de		9 »
Idem ventrales en número de		9 »

El examen del cuadro anterior demuestra una cierta anarquía en los detalles anatómicos elegidos para hacer las medidas y la necesidad de adoptar normas fijas y bien sistematizadas.

PROPORCIONES

Los naturalistas, al describir las especies y desde hace mucho tiempo, indican las diversas proporciones del cuerpo de los peces, es decir, cuantas veces una cierta dimensión está contenida en otra, y no sólo medidas ais-

ladas. A título de ejemplo, indicamos a continuación algunas proporciones señaladas por Moreau, Heldt y Fowler en sus sinopsis del atún:

Longitud total / Altura tronco: 4,25—4,66; 4—4,66; 3,75—4,25; Longitud total / longitud cabeza: 4; 4; 3,5—4. Longitud total / longitud aleta pectoral: 5,5—6,66. Longitud total / separación lóbulos aleta caudal: 3,66—4. Longitud cabeza / longitud hocico: 2,80—3,75. Longitud cabeza / diámetro ojo: 7—9; 6,80—8,25. Longitud cabeza / maxilar: 2,60—2,75; Longitud cabeza / distancia interorbital: 3—3,80. Longitud cabeza / pectoral: 1,50—2. Longitud cabeza / separación lóbulos caudales: 1,5—1,8. Longitud cabeza / longitud aleta ventral: 2,50—2,87. Espacio preorbitario / diámetro ojo: 2—3; 1,60—3. Longitud cabeza / longitud primer radio D^1 : 2,4—2,5. Longitud cabeza / altura pedúnculo caudal: 9,25—10. Longitud cabeza / anchura cabeza: 1,8. Longitud cabeza / longitud primer radio D^2 : 1,8—3,5. Longitud cabeza / longitud primer radio A: 1,75—4,25. Altura tronco / anchura tronco: 1,5. Altura tronco / longitud primer radio D^1 : 2—2,5.

Godsil y Holmberg han hallado las siguientes proporciones en el atún de Rhode Island (U. S. A.), que es el más afín al nuestro, referidas todas a la longitud total del cuerpo: Longitud cabeza: 3,40—3,52; Inserción D_1 : 3,14—3,27; Inserción D^2 : 1,79—1,85; Inserción A: 1,61—1,65; Inserción V: 2,95—3,18; Altura cuerpo: 3,51—3,96; Anchura cuerpo: 5,02—5,67; Distancia D^1 —V: 3,80—4,08; Distancia D^1 —A: 2,54—2,64; Longitud base D^1 : 3,93—4,07; Longitud P: 4,61—5,08; Altura D^1 : 8,44—9,40; Altura D^2 : 6,88—7,57; Altura A: 6,95—7,76; Longitud base D^2 : 9,74—11,64; Longitud base A: 6,61—13,98; Anchura caudal: 3,38—3,68; Longitud cavidad del cuerpo: 2,70—2,91. Referidas a la longitud de la cabeza figuran las siguientes proporciones: Diámetro iris: 9,27—9,83; Longitud maxilar: 2,50—2,70.

INDICES BIOMÉTRICOS

Heldt ha sido el iniciador de los estudios biométricos en el atún. Su propósito fué caracterizar y definir el de la región tunecina para determinar si constituye una raza local o no. Poco después, Frade estudió la biometría del atún del Algarbe, siguiendo casi exactamente el método usado por Heldt.

El procedimiento se funda en la teoría biométrica de la homogeneidad, derivada del cálculo de probabilidades. Al hacer una serie de medidas es preciso saber si su variación es homogénea, es decir, si las diferencias con la media se reparten siguiendo la curva de Galton y obedeciendo a la ley del azar o de Gauss (serie normal), o si, por el contrario, la serie es anormal y no encaja en dicha ley. En el primer caso, los individuos constituyen, desde el punto de vista del límite escogido, un grupo biológico suficientemente homogéneo; en el segundo, pueden pertenecer a razas distintas, y el valor medio no tiene ninguna significación, pues representa un conjunto de animales inexistente. En el caso de las series normales es también muy difícil determinar la media exacta, pero se pueden calcular, gracias a las fórmulas de Gauss, los límites entre los cuales está prácticamente comprendida.

Heldt y Frade han usado como medidas de la variabilidad la *variación media* $\frac{\sum \delta}{n}$ en la que $\sum \delta$ es la suma de los valores absolutos de las diferencias con la media, positivos o negativos, y n el número de individuos observados; y la *variación probable* $h = \pm 0,6745 \cdot \sigma$, en la que $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n}}$ representa el error medio cuadrático o *índice de variación*.

El valor h permite determinar el *error probable* $\frac{h}{\sqrt{n}}$ y el *error práctico* $\frac{5h}{\sqrt{n}}$, de la media. Con estos errores se obtienen, respectivamente, los *límites probables* y los *límites ciertos* de la media:

$$\begin{array}{lcl} \text{Límites probables (L. p.)} & \dots\dots M - \frac{h}{\sqrt{n}} & \dots\dots M + \frac{h}{\sqrt{n}} \\ \text{Media} & \dots\dots\dots & M \\ \text{Límites ciertos (L. c.)} & \dots\dots M - \frac{5h}{\sqrt{n}} & \dots\dots M + \frac{5h}{\sqrt{n}} \end{array}$$

Estos límites significan que, por ejemplo, en una serie de 100 variantes, el 50 por 100 de ellas están comprendidas en el intervalo $M \pm \frac{h}{\sqrt{n}}$; y que el 999 por 1.000 lo están en el intervalo $M \pm \frac{5h}{\sqrt{n}}$.

Para comprobar si las variantes se reparten alrededor de la media siguiendo la ley de Gauss, se puede calcular, con una tabla de probabilidades, el número de variantes por 10.000 que se encuentran entre la media (diferencia cero) y una diferencia dada, positiva o negativa $\frac{\delta}{\sigma}$. Con estos valores se obtienen las frecuencias teóricas obedientes a la ley de Gauss y con ellas se puede trazar la curva de Galton, que coincidirá o no con la curva de las frecuencias observadas en la realidad o polígono empírico de variación. Si hay coincidencia, la variabilidad oscila entre límites muy estrechos, y los individuos correspondientes pueden considerarse, en cuanto al carácter estudiado, como un grupo homogéneo, una raza.

A menudo, los valores de los índices del atún no obedecen a la ley del azar, y entonces es preciso averiguar si varían, por ejemplo, con la talla del pez. Tanto Heldt como Frade dividían en este caso sus atunes en cuatro lotes (G_1 , G_2 , G_3 y G_4), de tallas crecientes, y en cada lote calculaban la *variación media*, la *variación probable* y los *límites probables* y *ciertos* con arreglo a las fórmulas antes indicadas. La representación gráfica de la distribución de los índices respecto a la talla y la de la curva de las medias rectificadas de los cuatro grupos G_1 , G_2 , G_3 y G_4 , muestran perfectamente la relación entre la variación de los índices y el crecimiento del pez.

Si la curva que une los puntos correspondientes a las semisumas de las medias de los cuatro grupos, tomadas dos a dos en grupos contiguos, es próxima a una línea recta, se puede afirmar la proporcionalidad existente entre la variación del índice considerado y el crecimiento del ser.

Las Conferencias internacionales han propugnado la determinación de los siguientes índices biométricos, de los que los once primeros han sido estudiados por Heldt y Frade :

$$O_i = \frac{2 L_3}{L_1 + L_2} = \text{Relación longitud cabeza hocico a centro del ojo.}$$

$$O_i = \frac{L_3}{L_2 - L_1} = \text{Idem / diámetro del ojo.}$$

$$O_i = \frac{L_3}{L_{13}} = \text{Idem / distancia interorbitaria.}$$

$$T_i = \frac{L_5}{L_3} = \text{Relación longitud del cuerpo / longitud cabeza.}$$

$$H_i = \frac{L_5}{L_{10}} = \text{Idem / altura del cuerpo.}$$

$$P_i = \frac{L_5}{L_{12}} = \text{Idem / longitud aleta pectoral.}$$

$$T_i = \frac{L_3}{L_{12}} = \text{Relación longitud cabeza / longitud aleta pectoral.}$$

$$D_i = \frac{L_5}{L_6} = \text{Relación longitud del cuerpo / distancia hocico a inserción 1.ª aleta dorsal.}$$

$$D'i = \frac{L_5}{L_7} = \text{Idem / distancia hocico a inserción 2.ª dorsal.}$$

$$V_i = \frac{L_5}{L_8} = \text{Idem / distancia hocico a inserción aleta ventral}$$

$$A_i = \frac{L_5}{L_9} = \text{Idem / distancia hocico al ano.}$$

$$H'i = \frac{L_{10}}{L_{14}} = \text{Relación altura al nivel 1.º radio de D¹ / altura al nivel del ano (Frade, Heldt).}$$

$$E_i = - \frac{L_{10}}{L_{15}} = \text{Idem / diámetro interaxilar (Frade).}$$

$$P'i = - \frac{L_{12}}{L_{16}} = \text{Relación longitudinal de la pectoral / anchura de su base (Belloc, Heldt).}$$

$$M'i = - \frac{L_{17}}{L_{18}} = \text{Relación mandíbula superior / Idem inferior (Frade).}$$

Estos últimos cuatro índices, propuestos por los autores que se indican entre paréntesis, no han sido aún calculados en el atún.

Además de los índices reseñados, Heldt y Frade han estudiado, aplicándoles el cálculo de probabilidad, el número de pinnulas dorsales, N, y ventrales, N', de todos los atunes que midieron. La significación de los símbolos L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , etc., ha sido indicada antes en el párrafo dedicado a

OTRAS MEDIDAS.

Sería muy largo de copiar todas las cifras halladas por Heldt y por Frade al calcular los índices del atún, tanto más cuanto que el método, a nuestro juicio, debe sustituirse por el del cálculo de la regresión, ya que sólo es capaz de acusar variaciones muy grandes, y sus datos indican más bien la falta de precisión de las estadísticas empleadas que la similitud morfológica de los animales investigados. Por tanto, nos limitamos a señalar a continuación los datos numéricos de Frade, relativos al atún del Algarbe, tan próximo al nuestro, resumiendo sus analogía y diferencias con el tunecino, estudiado por Heldt.

Datos biométricos de 100 atunes del Algarbe, de 107 a 265 cm. de talla :

Índices	Límites observados	Media	Variación media	Variación probable
Oi ₁	2,30 — 2,60	2,406	0,053	0,049
Oi ₂	7,00 — 12,0	9,220	0,852	0,682
Oi ₃	2,50 — 2,90	2,70	0,076	0,069
Pi / Ti	1,30 — 1,60	1,491	0,057	0,049
Ti	3,40 — 3,90	3,637	0,086	0,072
Pi	4,85 — 6,25	5,453	0,233	0,191
Hi	3,85 — 4,65	4,246	0,141	0,124
Vi	2,90 — 3,40	3,128	0,089	0,062
Di	3,10 — 3,70	3,471	0,099	0,084
D'i	1,80 — 2,00	1,886	0,029	0,029
Ai	1,60 — 1,75	1,660	0,027	0,024

Número de pinnulas :

N	8 — 10	9,150	0,340	0,320
N'	7 — 10	8,300	0,488	0,387

El índice Oi₁ obedece a la ley de Gauss, como en Túnez : el carácter es homogéneo. El Oi₂ crece con la talla : no se cumple la ley de Gauss ni en Portugal ni en Túnez. En el Oi₃ se cumple la ley (éste índice no corresponde exactamente al de Heldt por haber medido éste la curva interorbitaria y no la recta). En el Pi/Ti también se cumple la ley : la media es muy próxima a la de Túnez, pero los dos términos de esta relación son mayores en Portugal. El Ti crece con la talla : no se cumple la ley ; la cabeza en el Algarbe es algo mayor que en Túnez. El Hi cambia con la talla ; no corresponde al de Heldt, que midió la altura máxima del cuerpo. El Vi cambia con la talla y con la altura del cuerpo. El Di crece con la talla. En el D'i se cumple la ley de Gauss, al contrario de lo que sucede en Túnez. El Ai indica que la posición del ano es fija en el Algarbe, al

contrario que en Túnez. Las pinnulas dorsales, N, eran ocho en el cinco por cien de los atunes estudiados; nueve en el 75 por 100, y 10 en el 20 por 100. Las ventrales, N', eran siete en el cuatro por cien; ocho en el 64 por 100; nueve en el 30 por 100 y 10 en el 2 por 100. Frecuencia de las combinaciones de los diferentes números de pinnulas dorsales y ventrales: 56 por 100 con 9/8; 15 por 100 con 9/9; 15 por 100 con 10/9; 5 por 100 con 10/8; 5 por 100 con 8/8; 2 por 100 con 9/7 y 2 por 100 con 9/10. En el atún atlántico, el número de pinnulas dorsales más frecuente es, pues, nueve y en el tunecino, 10; respecto a las ventrales, las cifras son ocho y nueve, respectivamente. En los grandes ejemplares de Túnez se suele encontrar un número de N mayor que la media, en tanto que es menor en los de talla más pequeña.

VII. AFINIDADES Y DIFERENCIAS. FILOGENIA. CLAVES

Después de haber indicado, en los Capítulos precedentes, los caracteres y la biometría del atún, parece más fácil precisar sus afinidades y diferencias con los otros túnidos.

No obstante las pequeñas diferencias encontradas en los índices del atún portugués (Frade) y del tunecino (Heldt), la unidad de la especie europea es indudable, corroborada por las medidas hechas en el Mar del Norte (Le Gall) y en Cádiz y Trípoli (Sella). No se pueden diferenciar hasta ahora razas dentro de la especie, no obstante las variaciones de color y de proporciones de las diversas partes del cuerpo debidas al crecimiento.

Como antes se ha indicado, algunos autores modernos (Fowler, Fraser-Brunner, etc.) creen que el atún vulgar es una sola especie en todo el mundo, e incluyen en ella los ejemplares del Atlántico occidental y todos los del Pacífico. Resumiendo las últimas investigaciones sobre el tema, expondremos sucesivamente las afinidades con el atún del Atlántico norteamericano, y con el del Pacífico oriental y del occidental, terminando por compararlo con las especies más afines, *Parathunnus obesus*, o «patudo», y *Neothunnus albacora*, o «rabil».

EL «THUNNUS THYNNUS» Y EL «THUNNUS SECUNDODORSALIS»

Las diferencias más acusadas que encontraron algunos autores entre nuestro atún, *Thunnus thynnus* (L.), y el de la costa atlántica norteamericana, *Thunnus secundodorsalis* Storer, que indudablemente le es el más afín de todos, consisten en la posición más trasera de la aleta anal respecto a la segunda dorsal y en la longitud mayor de la pectoral en la forma americana. En *Th. thynnus* la anal comienza debajo del último radio de la D₂, y detrás del nivel del mismo radio en *Th. secundodorsalis*. Sella y Heldt han discutido el caso y no creen que esta leve diferencia tenga carácter específico. Durante el crecimiento, el alargamiento del cuerpo del

atún es tanto mayor cuanto más cerca de la cola esté la región considerada, y es lógico que la anal, implantada posteriormente a la D₂, sufra un desplazamiento hacia atrás cada vez más acentuado, hasta el punto de que un gran atún mediterráneo parecerá más americano en este aspecto que un ejemplar joven de América (Heldt). Por otra parte, el límite del último radio de la D₂ puede ser muy impreciso según esté más o menos soldada a la aleta la primera pínula. Sella comparó un ejemplar del Adriático, de 122 libras de peso, con otro de Block Island (U. S. A.) de 240, reduciendo sus fotografías al mismo tamaño. Se podría censurar la comparación por la considerable diferencia de tamaño, a causa de la variación con la talla del carácter considerado, pero, afortunadamente en este caso, la diferencia a favor del atún americano no haría más que reforzar el argumento antes expuesto. En las fotografías citadas no se advierten, pues, diferencias notables, pero sería mejor, en vez de estas apreciaciones cualitativas, comparar numerosas medidas y establecer los valores límites probables y ciertos del índice «Hocico-D² / Hocico-A», las medias, etc., antes de reunir o separar las dos especies o formas. La imprecisión también subsiste al comparar las longitudes de la pectoral: 1.º, por ser un órgano que suele presentarse con la punta estropeada, como deshilachada; 2.º, por ser muy amplias las variaciones individuales; y 3.º, por aumentar su longitud en función de la edad. La relación «talla / longitud de la pectoral», que se dice es de 4,5 en el *secundodorsalis* y de 7 en el *thynnus*, no es exactamente así en el segundo, en el que combinando las numerosas medidas de Heldt y Frade se obtienen valores de 4,6 a 7, con una media de 5,82. Las relaciones publicadas en 1950 por Godsil y Holmberg oscilan entre 4,61 y 5,08 en el atún americano, quedando incluidas en los límites hallados en el europeo.

En definitiva, por los caracteres externos no pueden separarse netamente las dos formas, oriental y occidental, del Atlántico. En cuanto a los órganos internos, Godsil y Holmberg, que los han estudiado minuciosamente hace poco (1950), en el atún americano de Rhode Island (U. S. A.), tampoco hallan diferencia, salvo en un punto fundamental: la situación de los haces de vénulas que surgen de los vasos subcutáneos, que siempre van por fuera de las arteriolas, en la fila exterior, en los ejemplares americanos, en tanto que, según Frade, van por dentro de ellas en los atunes portugueses. Esta disparidad sólo puede resolverse realizando numerosas disecciones en los ejemplares europeos siguiendo la técnica usada por los autores americanos. Si se confirmara la diferencia, estaría justificada la distinción en dos especies, *thynnus* y *secundodorsalis*, una europeo-africana y otra norteamericana.

Otras formas del Atlántico americano, tales como *Thynnus coretta* Gunther, etc., no se han descrito con la precisión necesaria para saber exactamente de qué especie son sinónimas.

COMPARACIÓN CON EL ATÚN DEL PACÍFICO

Después del atún atlántico norteamericano, el más afín al europeo es el de la región de California, que durante mucho tiempo se ha considerado igual al nuestro; pero, estudiado detalladamente por Godsil y Holmberg (1950), muestra caracteres que lo separan del que habita el Atlántico de los U. S. A. y, por ende, del de Europa y N. de Africa. Las diferencias entre el *Th. secundodorsalis* y el que ahora llama Roedel (1953) *Th. saliens* Jord. et Everm., de California, consisten: en que, en el primero, la vejiga natatoria es normal y llena casi enteramente la cavidad del cuerpo, en tanto que en el segundo es muy irregular, casi rudimentaria, o cuando es funcional, se presenta piriforme y ocupando sólo la mitad anterior de la cavidad citada; en la forma atlántica no hay un tronco arterial que conecte las ramas II y III de la arteria celíaco-mesentérica, mientras en la de California sí existe, o al menos una red de vasos menores; la cintura pelviana muestra huesos de configuración no idéntica; las branquiaspinas son más numerosas en la forma atlántica (39-41) que en la de California (32-39); por último, la diferencia más aparente consiste en la forma del techo de la cavidad abdominal, que presenta surcos laterales muy acusados en el atún de California.

También es muy semejante al nuestro el atún del Japón, *Th. orientalis* Temm. et Schl., aunque Frade ha señalado las siguientes diferencias: disposición diversa de las vénulas y arteriolas que nacen de los vasos subcutáneos; falta de anastomosis entre las carótidas internas y reducción del calibre de los vasos hipoaxiales subcutáneos en el atún europeo; configuración triangular de la vejiga natatoria en el japonés y deltoidea en el europeo; etc. Godsil y Holmberg encuentran mucha semejanza entre el atún de California y el japonés descrito por Kishinouye (los autores americanos no han podido hacer disecciones del *Th. orientalis*), salvo en tres caracteres: 1.º, las vénulas y arteriolas que nacen de los vasos subcutáneos forman una sola fila según Kishinouye, en tanto que Godsil y Holmberg han encontrado dos; 2.º, el autor japonés señala la existencia de una rama núm. I abortiva en la arteria celíaco-mesentérica que no han encontrado los americanos; 3.º, los uréteres se unen en forma de U en el *Th. orientalis*, cosa que no sucede en el atún de California.

En resumen: el atún atlántico americano y el de California parecen ser dos formas de la misma especie (aunque Roedel los separa), muy parecidas al atún europeo; el atún japonés parece especie distinta del californiano y se separa más del nuestro. Todos estos parecidos y diferencias están sujetos aún a revisión. Algunos autores, como Fraser-Brunner, afirman rotundamente la unidad de la especie en todo el mundo, como ya hemos repetido.

OTRAS ESPECIES AFINES

Las especies más parecidas al atún de nuestros mares son tres : el Bonito del Norte o albacora, *Th. alalunga* (Bonn.); el patudo, *Parathunnus cbesus* (Lowe), y el rabil, *Neothunnus albacora* (Lowe). El primero, por su larguísima aleta pectoral, es inconfundible; el segundo y el tercero son más parecidos, pero también se diferencian fácilmente por sus caracteres externos, como veremos más adelante al exponer alguna clave.

MÉTODOS MODERNOS PARA ESTUDIAR LA AFINIDAD

En los Congresos internacionales dedicados al atún se ha propuesto recientemente la aplicación de los modernos métodos serológicos para la determinación de la verdadera afinidad de las diversas formas de atunes. En efecto, los procedimientos de anafilaxia, aglutinación, etc., podrían dar seguros resultados y por ello se han circulado por los centros científicos dedicados a la biología marina instrucciones detalladas para la recogida de sangre, separación y conservación del suero, ejecución de los frotis, etc. Las determinaciones necesarias se ha ofrecido a hacerlas el «Serological Museum», de la Universidad Rutgers, de New Brunswick (N. J., U. S. A.). Hasta ahora, que sepamos, no se han realizado ensayos sistemáticos en ningún país, relacionados con los atunes, pero el método deberá ser empleado por los investigadores futuros, ya que ofrece un campo virgen ple-tórico de promesas.

FILOGENIA

Al hablar de las afinidades y diferencias de los túnidos parece oportuno indicar su Filogenia. Según Kishinouye, las afinidades naturales no pueden deducirse sólo de los caracteres externos, por lo que estableció la serie filogenética de estos peces comparando el aparato urinario y los apéndices pilóricos. Según tal criterio, el más primitivo es el Bonito (*Th. alalunga*), que tiene los riñones torácicos y los uréteres en T; le sigue el atún vulgar (*Th. orientalis*), cuyos riñones se extienden más allá del tórax y los uréteres forman una Y; en el *Parathunnus*, el *Neothunnus macrop-terus* y el *N. rarus* la posición de la extremidad de los riñones es cada vez más trasera y las ramas de la Y se aproximan y atenúan. Los ciegos pilóricos son cada vez más delgados, en el mismo orden sucesivo de las especies citadas; las relaciones entre otros órganos también se comprenden mejor cuando se las compara en el orden indicado.

CLAVES DICOTÓMICAS

Para facilitar la clasificación de los túnidos han publicado diversos autores claves dicotómicas, de las que resumimos algunas.

Frade emplea una muy sencilla y cómoda, fundada en el índice biométrico «Aleta pectoral / Longitud de la cabeza», cuyo cociente es igual a uno en el *Neothunnus albacora* ($Pi/Ti = 1,00$), a uno y cuarto en el *Parathunnus obesus* ($Pi/Ti = 1,25$) y a uno y medio en el atún vulgar (*Th. thynnus*: $Pi/Ti = 1,50$). El otro túnido de nuestras aguas, el Bonito del Norte (*Th. alalunga*), ya hemos dicho que no se puede confundir con los anteriores por tener larguísima la aleta pectoral.

En otra clave, F. de Buen y Frade utilizan los caracteres externos y la coloración para diferenciar, entre otras, a las tres especies precedentes: el atún se distingue por ser más fornido y tener la pectoral corta, contenida vez y media en la longitud de la cabeza.

Los mismos autores, Frade y De Buen, han redactado otra más, fundada en los caracteres internos:

- | | | |
|-----|---|------------------------------|
| a) | Canal hemal normal, no atravesado por un plexo sanguíneo; arco hemal de la 10. ^a vértebra cerrado; altura máxima de la ventana interorbitaria comprendida dos veces y media en su longitud ... | b) bb) |
| b) | Vejiga natatoria estrecha y larga, sin divertículos ni dilataciones; parapósis de la 9. ^a vértebra horizontal | <i>Th. alalunga</i> . |
| bb) | Vejiga natatoria más ancha, con dilataciones y divertículos; parapósis de la 9. ^a vértebra dirigida hacia adelante y hacia abajo | c) cc) |
| c) | Alisfenoides que se proyectan en la mitad posterior de la ventana interorbitaria; parapósis de la región anterior del raquis muy cortas; vejiga natatoria con pequeñas tumefacciones frontales y una longitud igual a vez y media su anchura | <i>Th. thynnus</i> . |
| cc) | Alisfenoides que se proyectan en los dos tercios de la ventana interorbitaria; parapósis muy largas, especialmente en las vértebras 5. ^a a 7. ^a ; vejiga con tumefacciones frontales voluminosas, subesféricas y longitud igual a cinco veces la anchura. | <i>Parathunnus obesus</i> . |
| aa) | Canal hemal muy ancho, atravesado por un plexo sanguíneo; arco hemal de la 10. ^a vértebra abierto y el de la 11. ^a cerrado; altura de la ventana interorbitaria comprendida por lo menos tres veces en su longitud; vejiga acortada, con pequeñas tumefacciones frontales y anchura contenida dos veces y media en su longitud | <i>Neothunnus albacora</i> . |

Otra clave muy reciente e importante es la de Fraser-Brunner (1950), que traducimos a continuación :

- I. Los vasos subcutáneos pasan a través del miotomo de la 5.^a vértebra. Superficie del hígado estriada, de finas vénulas. Origen de la anal en la mitad de la distancia entre el borde posterior del opérculo y el final de las quillas caudales o aún más posterior. Con vejiga natatoria (subgénero *Thunnus*).
 - A. La pectoral no alcanza el origen de la D². Branquiaspinas : 9-13+21-26. Manchas pálidas sobre los costados, formando series transversales, cuando existen *Th. thynnus*.
 - B. La P alcanza más allá de la D². Branquiaspinas : 9-10+18-19. Manchas pálidas, cuando existen, formando líneas longitudinales anastomosadas, especialmente en los jóvenes *Th. alalunga*.
- II. Los vasos subcutáneos pasan a través del miotomo de la 7.^a vértebra. Hígado sin estrías.
 - A' Origen de la anal en el centro de la distancia entre el borde posterior del opérculo y el final de las quillas caudales o un poco más adelante. Con vejiga natatoria (subgénero *Parathunnus*). La P se extiende hasta detrás de D² o es un poco más corta. Branquiaspinas : 8-13+18-25 *Th. (P.) obesus*.
 - B' Origen de la anal claramente anterior al centro de la distancia entre el borde posterior del opérculo y el final de las quillas caudales (cola más larga que en las tres especies precedentes).
 1. Vejiga natatoria. Origen de la D² posterior al centro de la distancia del hocico al final de las quillas caudales (subgénero *Neothunnus*). Branquiaspinas : 8-11+12-22. La P alcanza el origen de la D² o algo más atrás *Th. (N.) albacora*.
 2. Sin vejiga natatoria, etc. [Comprende las especies *Thunnus (Kishinoella) tonggol* y *zacalles*, del Indico y del Pacífico, que no nos interesan.]

Creemos innecesario indicar mayor número de claves para diferenciar nuestro atún, cuya silueta, a poca práctica que se posea, es casi inconfundible, especialmente por la poca longitud de la pectoral.

VIII. FISIOLÓGIA

La fisiología del atún no está bien conocida por ser todas las fases de su vida eminentemente pelágicas y resultar muy difícil la observación de los fenómenos. A continuación resumimos algunos datos interesantes.

DIGESTIÓN

El jugo gástrico es de reacción ácida, muy enérgico. Las partes blandas de los alimentos son completamente disueltas y las piezas esqueléticas separadas; la piel de los peces ingeridos se digiere rápidamente, luego los músculos, y, por fin, los huesos, cuyas partes calcáreas desaparecen dejando la sustancia cartilaginosa. Los cartílagos, la tunicina de los moluscos pterópodos, los picos de los cefalópodos, no sufren modificaciones. Esta potencia digestiva explica porqué suelen encontrarse vacíos los estómagos de los atunes capturados en las almadrabas, en cuyas cámaras pueden estar encerrados varias horas y, a veces, varios días.

CIRCULACIÓN

Varios autores, Kishinouye entre ellos, creen que los túnidos son homotermos y su sangre está a mayor temperatura (alrededor de 3.º C.) que la del mar en que viven. Investigadores modernos, como Hanson y Schnakenbeck, afirman lo mismo, en tanto que otros sostienen que la temperatura es igual a la del mar y que ésta puede determinarse midiendo la de los ejemplares en el momento mismo de sacarlos a la superficie. La cantidad de sangre de estos animales es muy grande, y la circulación muy activa, en consonancia con su rapidez y grandes dotes natatorias.

TROPISMOS

Con gran interés se ha procurado estudiar los tropismos del atún, o sea sus reacciones ante los caracteres físicos y químicos del mar, por la influencia que indudablemente han de tener en sus desplazamientos y emigraciones. Pero los autores no están muy acordes, como vamos a ver, en la interpretación de los resultados.

Fototropismo

Según Sanzo, las larvas y los atunes pequeños, hasta la talla de unos 75 cm., presentan fototropismo positivo, es decir, son atraídos por la luz, en tanto que los adultos son, en parte, lucífugos. Roule opina lo contrario, suponiendo que las larvas viven profundas y pueden ser arrastradas por las corrientes inferiores del Estrecho de Gibraltar desde el Mediterráneo al Atlántico. La realidad es que se observa muchas veces el atún adulto nadando en la superficie, en pleno día, y que las larvas que se han pescado hasta ahora lo han sido de noche, con luz artificial y en la superficie (Mesina, Argelia) o a poca profundidad (Mesina). Sella, respecto al arrastre pasivo de larvas, cree, por la rapidez con que se desarrollan, que no pasan del Mediterráneo al Atlántico, sino acaso, en sentido contrario, desarrollándose en el Golfo de Vélez, donde supone De Buen que hay un refugio admirable para ellas.

Halotropismo

Le Gall considera al atún del Mar del Norte como estenohalino, dirigiéndose hacia las zonas de mayor salinidad; Hovasse, por el contrario, sostiene la eurihalinidad de los ejemplares que van del Egeo hacia el Mar Negro, ya que en el Bósforo sólo se encuentra un 18 por 1.000 de sales en la superficie y un 30 por 1.000 por debajo de los 40 metros de profundidad. Sella opina que el atún intergenético no está influido por la salinidad, puesto que puede extenderse desde el Fiordo de Oslo al Mediterráneo, soportando salinidades bajas y muy elevadas. En el Norte de España se pesca con salinidades de 35,6 por 1.000, sobre la planicie continental, siendo menos abundante algo más al largo, donde las sales bajan a 35,1 por 1.000. Athanassopoulos considera al atún como estenohalino por abundar más en ciertas zonas de Grecia de salinidad mayor que otras. Sella supone que el atún genético es más sensible a la salinidad, pero no halófilo, por lo que no se han encontrado zonas de reproducción en el Mediterráneo oriental, cuyas aguas tienen hasta un 39 por 1.000 de sales. Cree que el atún joven soporta mejor una salinidad elevada. Las observaciones de Scordia en Sicilia y de Heldt en Túnez no han sido bastantes numerosas para decidir el problema de la influencia de la salinidad.

Termotropismo

Sella opina que las emigraciones erráticas del atún están condicionadas por la temperatura, abundando más, tanto en el Mar del Norte como en el Mediterráneo, en las épocas en que las aguas están a mayor temperatura; la presencia de nuestro pez en las cercanías del Círculo polar se explica por la influencia del Gulf Stream; los atunes pequeños parecen menos sensibles a las temperaturas bajas que los grandes ejemplares. La influencia de la temperatura es mayor en la época de la reproducción, función fi-

siológica que vuelve a los atunes hipersensibles. En Sicilia es perfecta la coincidencia entre el máximo de la captura de atunes en las almadrabas y la existencia de una temperatura inferior a 17° a 35 metros de profundidad, es decir, de una masa de agua relativamente fría que obliga a los animales a mantenerse cerca de la superficie y de la costa (Scordia).

Ionotropismo

Se han hecho algunos ensayos sobre la influencia de la concentración de iones hidrógeno o pH en los desplazamientos del atún, para averiguar si éste es euri-iónico o esteno-iónico. De los datos de Reiss y Vellinger, obtenidos en la región de Bizerta, parece deducirse que el atún llega a esa zona a favor de valores de pH propios de alta mar. Los valores hallados oscilan entre 8,05 y 8,30.

OTRAS CARACTERÍSTICAS

Los atunes son, en general, tímidos, y huyen de la sangre derramada durante las faenas de pesca. Comen nadando a través de los bancos de peces que forman su presa y los dispersan. Su natación es rápida y continua, alcanzando velocidades de seis a nueve nudos. La disposición de su columna vertebral no les permite doblar mucho el cuerpo y los movimientos de progresión se reducen casi a las oscilaciones laterales de la cola, muy violentas y hasta sonoras. Mueren rápidamente y es difícil conservarlos en recintos pequeños, aunque parece se ha logrado en la bahía de Yénoura (Japón).

IX. REPRODUCCION

MADUREZ SEXUAL

La Conferencia de Madrid-Cádiz discutió la posibilidad de establecer una escala de los estados de madurez. Los pescadores y los conserveros distinguen muy bien los ovarios llenos y turgentes del atún de «derecho» de los vacíos y flácidos del de «revés», pero la discriminación de los estados intermedios puede pecar de personal y arbitraria, tanto más cuanto que la maduración y la puesta no se verifican de una sola vez, sino fraccionalmente.

La madurez sexual parece alcanzarse en poco tiempo: así, en el mes de mayo, la mayoría de los atunes tienen la gónadas inmaduras, y, en cambio, a finales de junio, las glándulas sexuales están casi completamente desarrolladas, quedando prácticamente vacías a fines de julio y comienzos de agosto. En las almadrabas no se capturan atunes totalmente maduros, a punto de comenzar la puesta, y por ello ha fracasado la fecundación artificial intentada varias veces por Sella y Sanzo. Sella sólo ha visto óvulos totalmente maduros en una hembra que tenía obstruido el ovi-

ducto; y únicamente en regiones privilegiadas, como el Estrecho de Messina, es posible comprobar la frecuencia de huevos en el plancton para averiguar con certeza el momento de la puesta. Heldt no ha encontrado jamás huevos en el plancton de los emplazamientos de las almadrabas.

Para precisar el proceso de maduración, Frade y Manaças (1933) estudiaron histológicamente 254 ejemplares (137 ovarios y 127 testículos) cogidos durante la campaña de pesca de 1931 en el Algarbe. La fijación, en el líquido de Bouin, no se pudo hacer siempre recién muertos los animales; las piezas se incluyeron en parafina y se tiñeron con la hematoxilina férrica-eosina o con hemalumbre-eosina. Los cortes histológicos del ovario muestran la túnica gruesa superficial, a la cual se unen las trabéculas conjuntivas de las láminas ovígeras, que a veces tienen forma de ramas divididas en laminillas digitiformes, limitadas por una membrana muy fina en los ovarios poco avanzados y muy gruesa en los ya vacíos. En cada laminilla se encuentran oocitos en diversos estados de desarrollo, separados por trabéculas que parten del eje conjuntivo. Según se trate de un período de actividad o de reposo, que alternan regularmente, se encuentran oocitos en estados diversos, sin que se observaran carioquinesis: oocitos muy pequeños, poco coloreables, con escaso citoplasma; otros mayores, con citoplasma acidófilo y núcleo con nucleolos marginales; otros, aún más grandes, visibles con débil aumento, con el citoplasma periférico más coloreable que el perinuclear, lo que les da el aspecto de un anillo, llamado de crecimiento; finalmente, el cuarto período de actividad es el de la vitelogénesis, y el oocito aumenta mucho de volumen y su plasma se llena de granulaciones: es el período que precede a la puesta. El 17 de mayo, casi al comienzo de la temporada de pesca, se ven ya grandes óvulos llenos de granos vitelinos, pero el 18 se encuentran huevos en reabsorción y la mayoría en fase de anillo; el 20 hay huevos muy poco avanzados y otros muy maduros; el 22 se encuentran huevos maduros, o casi, y laminillas vacías, oocitos en estado de anillo y huevos en período de reabsorción casi terminada. Los días siguientes se encuentran estados diversos, dominando los huevos muy maduros y los en vía de reabsorción, sobre todo al final de junio. El 16 de este mes, un ovario muy flácido, de «revés», tenía aún huevos maduros, normales, al lado de otros muy degenerados; el mismo día se encuentran ovarios desprovistos de huevos con granos vitelinos, indicando que la puesta y la reabsorción de los huevos no puestos habían terminado. Desde fin de junio a mediados de agosto se encuentran ovarios con los estados intermedios entre los huevos maduros, de aspecto normal y los en estado de regresión; y ovarios totalmente vacíos. De 21 ovarios de «revés», ocho estaban vacíos, presentando las trabéculas conjuntivas y la membrana superficial de las laminillas ovígeras muy gruesas y los oocitos en estado de anillo de crecimiento. Según los autores, los ovarios vacíos se distinguen muy bien de los inmaduros.

El estudio histológico del testículo, mostró a Frade y Manaças características semejantes. El 17 de mayo se encontraban testículos con la espermatogénesis terminada, las ampollas reducidas a la pared conjuntiva, y aquí y allá paquetes de espermatozoides; los días siguientes, hay, además, glándulas con pared gruesa, con los grupos isogénicos aún en estado

de espermátidas y otros formando paquetes de espermatozoides; la luz de las ampollas contenía espermatozoides aislados. El 22 se observa un testículo casi vacío; el 26, la espermogénesis está poco avanzada y la cavidad de las ampollas vacía; hacia fin de mes, se observan ejemplares jóvenes (100 cm.) con espermogénesis poco avanzada, avanzada o terminada, y también ampollas vacías. En julio, los testículos están cada vez más vacíos, con las trabéculas intertubulares más y más gruesas; el día 16, los atunes de «revés» muestran la luz de las ampollas llena de espermatozoides libres; el 18, un individuo estaba aún en espermogénesis activa, con las paredes de algunas vesículas engrosadas; el 28, un solo testículo estaba totalmente vacío, entre otros en diversos estados intermedios.

Frade y Manaças confirman, pues, la puesta fraccionada del atún, sostenida, a veces empíricamente, por Sanzo, Buen, Heldt y Sella, quedando malparada la opinión de Aristóteles, primer sabio que trató del tema, el cual suponía que las hembras no ponían más que una vez al año, aunque los casos prococes y los tardíos dieran la apariencia de dos puestas. Se ha dicho que es excepcional el encontrar atunes *maduros* durante el «derecho», pero es más correcto afirmar que no los hay *enteramente maduros*, puesto que la maduración no es simultánea para todos los huevos que serán expulsados en la misma época de puesta: un gran número de individuos llegados a las almadrabas de «derecho» han emitido ya parte de sus productos genitales. Los atunes pequeños, de un metro de talla y de unos tres años de edad, se comportan diversamente según el sexo: los machos están en espermogénesis activa o terminada, en tanto que las hembras presentan la ovogénesis muy retardada.

Después de estos trabajos, Frade continuó investigando para hallar una relación ponderal capaz de reflejar los principales estados de madurez sexual. La comparación del peso del cuerpo (Pc) con el de las gónadas (Pg) ha dado buenos resultados, a pesar de las dificultades derivadas de la gran talla de los atunes. Precisamente, por estas dificultades, el autor calculó otro índice de madurez, (It), sustituyendo el peso del cuerpo por el de la cabeza, dibujando una gráfica en la que aparecen la curva de variación del peso de la cabeza (Pt), en 380 atunes, y la del peso del cuerpo, en 308 ejemplares, en relación con la talla (de 90 a 270 cm.). El peso de la cabeza, mucho más fácil de manejar, es aproximadamente 1/7 del peso del cuerpo. Y, conocidas estas relaciones, el trabajo se facilita aún más, puesto que puede sustituirse el peso por la talla del ejemplar, y así será cómodo determinar, durante toda una época de pesca, y en todos los individuos, la marcha de la madurez sexual. A este método puede oponerse la objeción de que no siempre las cabezas se cortan exactamente al mismo nivel, pero Frade, después de observar la decapitación de 115 individuos, afirma que apenas se altera el índice de madurez, sobre todo si en vez del peso de cada cabeza se emplea el peso medio de las cabezas de los individuos de igual talla. La aplicación del método a 104 machos y 67 hembras de Algarbe (1933) se resume así: los valores de $It = Pt / Pg$ varían entre 4 (25 por 100) y 36 (2,77 por 100) para las hembras y entre 4 (25 por 100) y 54 (1,85 por 100) para los machos, correspondiendo los valores extremos a las gónadas muy maduras y muy vacías, respectivamente. Se observa que los valores de las dos

escalas no se corresponden directamente, o sea que los mismos estados de madurez no están representados en los dos sexos por el mismo número, lo que se explica porque el testículo puede eliminar completamente los productos sexuales y, en cambio, en el ovario siempre quedan huevos de reabsorción y oocitos en diversos estados de desarrollo. El peso, pues, del testículo puede, al contrario que el ovario, alcanzar valores muy pequeños. La relación entre las dos escalas se obtiene fácilmente, en atunes de igual madurez, por la fórmula

$$It(\delta) = It(\varphi) \times Pg(\varphi) / Pg(\delta)$$

que nos dice que el valor del índice del macho es igual al de la hembra multiplicado por un factor K, igual a la relación entre las dos gónadas $Pg(\varphi) / Pg(\delta)$

Este factor es aproximadamente igual a 1,5, y los resultados pueden indicarse en el siguiente cuadro :

Estados de madurez de las gónadas

Sexo	Llenas		Medianas			Vacías		
	A	B	C	D	E	F	G	
♂	9,5	5,5	3,9	3,0	2,4	2,1	1,8	%
♀	14,5	8,5	5,8	4,5	3,7	3,1	2,7	%

Estas cifras y su distribución en el tiempo, indican que en junio los estados A — D están representados por frecuencias sucesivamente decrecientes ; que en julio predominan los estados C y E en las hembras y los E — F hacen su aparición en los machos ; en agosto predominan los D — E en las hembras, en tanto que hay aún dominancia de los B — C en los machos, pero se alcanza el G en los dos sexos y falta el A en las hembras.

Frade continuó estas investigaciones y las completó comparando atunes atlánticos con los mediterráneos de la región de Bizerta, fijando previamente la relación entre los estados A, B, C..., definidos por el índice anterior, y el aspecto histológico de las gónadas, del siguiente modo :

Machos : Estado A) : Vesículas con paredes gruesas presentando grupos isogénicos de células seminales, en espermatogénesis más o menos activa ; con espermatozoos en la luz de las vesículas. Estado B) : Vesículas con paredes delgadas, con su luz enteramente llena de espermatozoos ; espermatogénesis no terminada. Estado C) : Algunas vesículas llenas, pero otras vacías ; a veces, aún dura la espermatogénesis. Estado D) : Vesículas comenzando a regenerarse, por emigración de las espermatogonias madres ; aún existen espermatozoos residuales. Estado E) : Vesículas tapizadas de espermatogonias ; todavía existen espermatozoides en vías de reabsorción. Estados F y G) : Vesículas seminíferas completamente vacías de espermatozoos.

Hembras : Estado A) : Laminillas ovígeras con algunos huevos maduros. B) : Predominio de huevos maduros ; algunos folículos vacíos. C) : Predo-

minio de huevos maduros ; folículos en vías de repleción y algunos huevos degenerando. D) : Aún hay huevos maduros y muchos degenerando. E) : No hay ya huevos maduros ; reabsorción de los mismos y repleción folicular avanzada. F y G) : Sin huevos maduros ; terminan la reabsorción y la repleción folicular.

Los atunes tunecinos se mostraron menos avanzados que los atlánticos de la misma época ; así, en junio, se encuentran en los dos sexos los estados A, B, C y D, los dos primeros predominantes, en Portugal, en tanto que los machos de Túnez no pasan del estado B. También se observó que los atunes machos y hembras de Sidi-Daud estaban más atrasados que los de la almadra de Cabo Zebib, lo que parece confirmar la hipótesis de Frade sobre la existencia de grupos o familias genéticas que se desplazan independientemente hacia las áreas de puesta.

En el mismo año de 1933, señaló Scordia que la emisión de los productos genitales se había realizado antes que el año precedente en el Estrecho de Mesina ; en la desembocadura del mismo Estrecho, en el Tirreno, se capturaron hembras con los ovarios plenos y turgentes en 20 y 21 de mayo de 1933.

Si los datos anteriores representan, realmente, el estado sexual de los grupos a que pertenecían los ejemplares estudiados, se puede afirmar que no hay sincronismo de madurez en el Mediterráneo, y que de un año a otro, en la misma zona, puede variar la época de la freza. Pero Frade y Scordia reconocen que no es posible dictaminar sobre el estado sexual de una gran población de atunes habiendo observado unos pocos, y el primero preconiza la determinación sistemática del estado de madurez de las gónadas

utilizando su método del Índice $I = \frac{(Pt) \text{ (Peso medio de las cabezas)}}{(Pg) \text{ (Peso de las gónadas)}}$ en

gran número de ejemplares, incluso, para mayor facilidad, calculando el peso de las cabezas en función de la talla, como antes se ha dicho. Después de que se haya establecido una estadística suficientemente copiosa, se podrá investigar cuales factores del medio (que deben observarse paralelamente) influyen sobre los fenómenos de la maduración sexual.

Intimamente ligadas con los fenómenos de maduración sexual aparecen las variaciones del engrasamiento de los atunes. Todos saben que, antes de la reproducción, la grasa se acumula en la región abdominal («ventresca»), cerca de la columna vertebral, en el hígado y aún en la sangre, y que, después, en el «revés», los atunes están flacos (aunque, a veces, los hay rollizos, y con las gónadas llenas, hasta en agosto), más esbeltos y descoloridos. Scordia deduce de sus investigaciones que la cantidad de sustancias grasas aumenta desde enero, o así, en el hígado y en las glándulas genitales, especialmente en los machos ; y que en las gónadas es mayor la cantidad de sustancias insaponificables, de las que forman parte las vitaminas liposolubles, que las saponificables, sucediendo lo contrario en el hígado. Gouveia y sus colaboradores hallaron disminuciones de hasta el 40 por 100 en el peso del hígado, al pasar del «derecho» al «revés», y publican las siguientes cifras : «Derecho» : grasa, 12,5 por 100 ; vitamina A en la grasa, 7,75 por 100 ; en el hígado, 0,90 por 100. «Revés» : 7,7 por 100, 14,6 por 100

y 1,15 por 100, respectivamente, o sea que disminuye la grasa y queda casi igual la reserva vitamínica.

Las reservas energéticas (grasas, glúcidos, etc.) se gastan en el período genético y se reconstituyen en el intergenético. El atún de «derecho» llega gordo y poco voraz; y, pasado junio, aparece flaco y hambriento, rehaciéndose rápidamente. Frade (1947) ha comparado las variaciones cuantitativas de las sustancias energéticas acumuladas en el hígado de los atunes genéticos del Algarbe con los estados de madurez sexual, registrando el peso del hígado (Pf) en los mismos individuos en que pesaba las gónadas (Pg), todo el cuerpo (Pc), o la cabeza (Pt). Operó sobre más de 30 ejemplares y calculó también los índices relativos $I_1 = 100. Pf/Pc$ y $I_2 = 100. Pf/Pt$. La conclusión es que hay un perfecto paralelismo entre los estados de madurez de las gónadas, de la repleción al agotamiento (estados A a G), y la disminución de grasa en el hígado (de $I_2 = 6,6$ por 100 en el estado A, hasta $I_2 = 3,7$ por 100 en el G). El índice I_2 es preferible al I_1 por estar su divisor, peso de la cabeza (Pt), menos sujeto a las variaciones de nutrición que las restantes partes del cuerpo.

Según Heldt, el atún es apto para la reproducción a los tres años de edad, en los que alcanza 15 kilos de peso; a veces, se observa un comienzo de desarrollo de las gónadas en individuos de dos años, que, excepcionalmente, pueden alcanzar la madurez; en circunstancias desfavorables, la reproducción no se verifica hasta el cuarto año. En ningún caso el atún púber pesa menos de 12 kilos.

PUESTA Y FECUNDACIÓN

La época de la puesta del atún está comprendida entre fines del mes de mayo y los comienzos de julio: al empezar ese período el atún de «derecho» presenta las gónadas repletas, como hemos visto, y al final, en la pesca de «revés», las glándulas sexuales están vacías o casi vacías. En Túnez la puesta está en su apogeo en los primeros días de junio; en Sicilia, el Profesor Sanzo ha pescado huevos de atún en el plancton desde el 30 y 31 de mayo y 3 de junio hasta la última década de julio; en la costa SW. de España la puesta máxima corresponde a todo el mes de junio. Sella indica que la puesta de los atunes pequeños es más tardía, prolongándose hasta agosto (Sicilia, Adriático).

Los lugares donde se verifica la puesta del atún europeo no son bien conocidos, salvo la zona del Estrecho de Mesina, donde Sanzo ha encontrado muchos huevos. Aunque las corrientes son fuertes, como las larvas salen a los dos días, es evidente que el lugar de la freza no puede estar lejos de los lugares del Estrecho donde las redes de plancton pescan huevos, tan abundantes, sin acabar su incubación. Otra zona de puesta está situada al largo de Argel, como lo acreditan las larvas diminutas cogidas por Dieuzeide en 1950.

Las pretendidas puestas en el Estrecho de Gibraltar, colocándose el atún en el mismo sentido que la corriente, para que los huevos que salen por el orificio cloacal se deslicen a lo largo del cuerpo y se metan en las bran-

quias o agallas para ser incubados, no tienen, hasta ahora, comprobación científica alguna: se trata de una de tantas fantasías de los arracces y pescadores, que no suelen pararse en barras para explicarlo todo, confundiendo lamentablemente los hechos reales, de que luego hablaremos, con las meras apariencias. La verdad es que, hasta ahora, no se han encontrado huevos ni larvas de atún en las mismas almadrabas, pese a varios años de investigaciones realizadas en Túnez, Sicilia y Tripolitania (Heldt, Sanzo, Sella). En estos artes de pesca, aunque se encuentren alguna vez machos maduros que dejan salir el esperma comprimiéndoles suavemente el abdomen, es rarísimo hallar hembras completamente maduras (¿cautivas durante varios días?), por lo que han fracasado todos los intentos de fecundación artificial realizados por los investigadores italianos. De estos hechos deduce Sella que la concentración de los atunes en las aguas donde están caladas las almadrabas no tiene por objeto la reproducción inminente, sino la maduración de las glándulas genitales, y que, para la reproducción, los animales vuelven a irse al largo, con desplazamientos probablemente muy limitados. Y hasta es posible que estos pequeños alejamientos no se hagan una sola vez, sino que se verifiquen una serie de aproximaciones y alejamientos de la costa durante la temporada de pesca, lo que explicaría la presencia de ovarios parcialmente vacíos al final de la pesca de «derecho».

Sella refiere que algunos capitanes de almadraba dicen haber visto la emisión de grandes cantidades de huevos en las cámaras del arte; sin negar el hecho, supone que debe ser rarísimo, y, si acaso, producido por hembras encerradas durante mucho tiempo. Roule no ha notado en los atunes encerrados en las cámaras la inquietud y nerviosidad frecuente en otros peces a punto de reproducirse: al parecer, no estaban aún dispuestos.

Respecto a la fecundación, cuenta Heldt (1932) que un viejo capitán de la almadraba de Monastir, que llevaba sesenta años en el oficio, llamado Aona, le dijo haber visto sólo dos veces, en tan largo período, una en Sidi-Daud y otra en Cabo Zabib, que una pareja de atunes se separaba del resto del cardumen, encerrado en las cámaras en espera de reunir mayor número para la levantada, y, jugueteando, se remontaban hasta 4 ó 5 brazas, donde nadando en sentidos opuestos, se cruzaron tendidos de lado, rozándose los vientres: en aquel momento, la hembra lanzó sus huevos y el macho su esperma, casi simultáneamente, sumergiéndose después. El fenómeno se repitió hasta tres veces en un día, y Aona quedó asombrado de no ver ninguna hembra completamente vacía al hacerse la matanza. El suceso ocurrió sobre el 25 de junio y es muy verosímil, demostrando la puesta fraccionada (por no haber huevas vacías), forzada por la reclusión, que permitió la maduración e impidió los desplazamientos, etc.

En resumen, se puede decir que la puesta no se verifica, en general, muy cerca de la costa, pero sí próxima a la superficie, de modo fraccionado y con aproximación sexual. Para delimitar las zonas, es necesario multiplicar las pescas sistemáticas de plancton, para hallar los huevos, en las regiones próximas a las almadrabas, tarea larga y penosa, pero única posible para llegar a resultados indudables.

HUEVOS

El conocimiento del huevo y de la larva de una especie tan importante económicamente como el atún, es de interés primordial. La presencia de tales elementos permite afirmar la existencia de cardúmenes, aunque no se haya visto a sus individuos. El huevo nos da indicaciones precisas para establecer, en el tiempo y en el espacio, los lugares de puesta, tanto más exactamente cuanto menos desarrollado esté, y cuanto mejor se conozcan las corrientes de la región. Como sabemos que el huevo tarda dos días en producir una larva libre, es evidente que conociendo la velocidad y la dirección de las corrientes se puede deducir cuándo se realizó la puesta y dónde se encontraban entonces los reproductores. Estos datos son trascendentales para orientar la pesca, sobre todo al largo, que es donde se dibuja su porvenir.

El huevo maduro ovárico fué descrito primeramente por Sanzo (1909), el cual, posteriormente (1932), describió también el huevo libre, pelágico y los primeros estados larvarios.

El huevo ovárico maduro no ha vuelto a ser observado por ningún otro autor, y tiene los siguientes caracteres: flota en el agua de mar, es esférico, transparente; su diámetro oscila entre 1,12 y 1,50 mm.; posee una gota oleosa, de unos 0,27 mm. de diámetro, en el polo vegetativo; la cápsula es reticulada; el micropilo está en el fondo de una depresión infundibuliforme; no hay espacio perivitelino.

El huevo pelágico es algo menor y los demás caracteres son iguales a los descritos: diámetro de 1,00 a 1,12 mm.; gota oleosa de 0,25 a 0,28; vitelo homogéneo. Procede del Estrecho de Mesina.

El desarrollo embrionario fué estudiado también, de hora en hora, por Sanzo. A las nueve de la mañana, poco después de la pesca, el casquete blastodérmico cubre casi 3/4 del meridiano con un anillo embrionario, del que se destaca un ancho escudete. A las diez y media el blastoporo está casi cerrado; el embrión ocupa casi la mitad del meridiano. El desarrollo sigue muy rápido: a las diez y siete horas, el embrión ocupa más de la mitad del meridiano; se dibujan la vesícula ótica y los primeros segmentos; aparecen cromatóforos alrededor de la gota oleosa y del tronco; el huevo pierde transparencia. A las veintidós horas, el corazón se contrae lentamente, etcétera. A las nueve horas del día siguiente, el embrión sobrepasa, con su extremo caudal, la mitad de la distancia de la cabeza a la gota oleosa; vesículas óticas evidentes; pigmentación, negra y amarilla, más intensa. Cuatro horas después, la cola llega a la cabeza; hay formados más de 30 segmentos musculares. Al final del segundo día, la eclosión está a punto de verificarse: el embrión, muy alargado, tiene completo el número definitivo de segmentos.

L A R V A S

La larva recién nacida mide unos 3 mm. de los que 1,40 mm. corresponden a la parte pre-anal y 1,60 mm. a la post-anal. Sanzo ha encontrado tallas de 2,84 mm. a 3,14 mm. y una media de 3,04 mm. Después de la eclosión, la cabeza no está aún separada del saco vitelino, ni el ojo pigmentado, ni la boca abierta; saco vitelino poco reducido, oval, con la gota oleosa en su parte posterior; aleta dorsal primitiva más levantada en el dorso; ventral primitiva simétrica de la anterior; pigmentación característica, negra y amarilla; 39 segmentos musculares, de ellos 10 pre-anales; cuerda dorsal larga, con los radios de la caudal primitiva en su extremo posterior; existe un esbozo de las pectorales; intestino en ángulo poco mayor que un recto; ano en la mitad del cuerpo, etc.

Estos caracteres se modifican rápidamente en el mismo día de la eclosión: la cabeza se destaca del saco vitelino; la talla se eleva a 3,56 mm.; el ojo ha crecido; el corazón ya ha hecho su rotación, etc. En la segunda mitad del primer día de vida larvaria continúan las profundas modificaciones: la talla es de 3,80 mm., el saco vitelino está muy reducido; aún se ve la gota oleosa; se abre la boca y el ano se desplaza hacia adelante; el ojo comienza a pigmentarse, etc.

Sanzo, a pesar de todos sus esfuerzos, no ha logrado mantener vivas estas larvas más que hasta el sexto día después de la eclosión.

Al reducirse el saco vitelino y formarse el hocico, la larva adquiere forma más esbelta. Del saco vitelino, muy reducido al acabar el segundo día, sólo queda la gota oleosa al terminar el tercero; en este mismo momento desaparece también la pigmentación amarilla. Los cromatóforos negros de los lados del tronco también desaparecen, así como los dorsales caudales; subsisten, en cambio, durante los seis días, los del perfil ventral, y aumentan progresivamente los de la cavidad abdominal y cintura torácica. La aleta primitiva permanece ancha durante los seis días; las pectorales, redondeadas, membranosas, llegan a alcanzar el nivel de la anal. La cabeza gana en altura cerca del tronco, y desde el segundo día se inician los cartilagos de la base del cráneo y del esplacno-cráneo, los branquiales, los de Meckel y la suspensión de la futura mandíbula; no hay señales de dientes. Los ojos, ovales al segundo día, son redondos el sexto. Los otocistos tienen diferenciados los canales semicirculares al sexto día. La foseta olfatoria es grande, próxima a la órbita del ojo.

Es de notar, en el sexto día, el crecimiento en altura de la cavidad abdominal que, juntamente con la pigmentación peritoneal, constituye uno de los caracteres más salientes de las larvas de los *Escombroideos* pescadas libres en el mar. El tubo intestinal y su anejos están muy desarrollados; el intestino terminal, grueso y largo, con válvulas bien marcadas, se diferencia del intestino medio; los uréteres, antes de desembocar en la vejiga, forman un codo por detrás de ella.

La concordancia entre el huevo pelágico y el ovárico maduro; la época

de pesca del primero; el número de segmentos, 39, etc., indican con certeza que las descripciones anteriores corresponden al atún.

Con anterioridad a estas investigaciones de Sanzo se habían citado algunas larvas, de mayor tamaño, que acaso pertenezcan al atún vulgar. Así, Lütken, en 1880, describe una de 10 mm., revisada después por Ehrenbaum (1924), que este último autor atribuye, posiblemente, a *Th. thynnus*. También Ehrenbaum, al estudiar las larvas de Escómbridos recogidas por el «Thor», describe otras cuatro larvas de 4,7 mm., 6,8 mm., 8,7 mm. y 9,4 milímetros, pescadas del día 1.º al 24 de agosto, en la isla de Rodas, Cabo Spartivento, N. de la Gran Sirte y cercanías de Mesina, respectivamente, que parecen pertenecer al atún, especialmente las tres últimas. Para no alargar este Capítulo, sólo indicaremos los caracteres de la mayor, que pueden resumirse así: Talla, 9,4 mm.; cogida el 20 de agosto cerca de Mesina; es difícil precisar el límite entre las vértebras pre y post-caudales, que son 18 + 21; cuerpo recogido; cabeza gruesa; espinas del preopérculo desarrolladas, siendo la mayor la central, que alcanza la masa visceral y tiene a cada lado una espina mediana, y por encima de ésta hay otras dos más pequeñas, existiendo otras dos por debajo (lado derecho) o tres (lado izquierdo); mandíbulas con 18 dientes fuertes cada una; tres dientes palatinos a cada lado; orificios nasales confluentes; primera aleta dorsal bien desarrollada, poco elevada, no alcanzando sus radios abatidos a la segunda dorsal, con pigmento oscuro y 12 radios; entre la primera y la segunda dorsal parece haber dos radios en vías de desarrollo; en la segunda dorsal y en la anal (que se implanta lejos del ano) se pueden contar 12 + VIII radios; pectorales bastante grandes, sobrepasando al ano posteriormente; parte anterior del cuerpo (cabeza e intestino) pigmentada, la posterior sin pigmento.

Sanzo recogió también larvas de más edad, de 34, 39, 44, 65, 68 y 90 milímetros. El peso de cada una de las tres primeras no alcanzaba el medio gramo. La de 44 mm. tiene la cabeza puntiaguda, la altura máxima al nivel de las pectorales, disminuyendo primero poco a poco, y luego rápidamente; hendidura bucal que llega casi debajo del diámetro vertical del ojo; mandíbula con dientes puntiagudos y curvados hacia atrás, en número de una veintena arriba y más numerosos abajo; palatinos con dientes pequeños; lengua más bien grande, plana, libre; ojo grande, redondo; abertura nasal posterior patente y la hendidura transversal cercana al borde anterior de la órbita; región opercular bien desarrollada; segunda dorsal seguida de 9 pinnulas bien diferenciadas, salvo la primera; aún no hay escamas, que existen en ejemplares un poco mayores; coloración argénteo, o parda en las larvas mayores.

Sella nos dice haber recogido muchas larvas («migliaia e migliaia»), durante varios años, en el Estrecho de Mesina, en la superficie, con luz artificial; y también a bordo del «Cyclope», al N. y E. de Sicilia (junio de 1913); pero el autor aún no ha descrito esos ejemplares.

Prácticamente, todas las larvas descritas hasta ahora proceden de una sola región, es decir del Estrecho de Mesina, donde hay indudablemente una zona de puesta de atún. Por ello, creemos de la mayor importancia dar aquí noticia del hallazgo de otras larvas al largo de Argelia, cogidas de noche

y en la madrugada, con luz artificial, tres de ellas en el meridiano de La Calle, a 40 y 54 millas de la costa (7 julio 1950); y otra en el meridiano de Argel (8 julio 1950), a 40 millas del litoral. El Doctor Dieuzeide, que tuvo la fortuna de capturarlas durante la campaña oceanográfica del buque francés «Président-Théodore-Tissier», indica que las pescas se hicieron en la superficie del mar, a las veintitrés horas y treinta minutos y desde las tres horas y treinta minutos a las seis horas. Añade que los caracteres de estas larvas son completamente semejantes a los descritos por Ehrenbaum, y publica cuatro dibujos, dos del aspecto general (tallas de 5 y 6 mm) y otros dos de detalles del aparato opercular y sus espinas, de los mismos ejemplares. La presencia de estas larvas demuestra que la puesta del atún se realiza, en el Mediterráneo occidental, en los primeros días de julio y lejos del litoral, lo que está de acuerdo con las modalidades de la pesca con almadraba y con anzuelo en Argelia. En efecto, los atunes pescados en las almadrabas, cerca del litoral, presentan las gónadas muy desarrolladas, pero no absolutamente maduras; tampoco se hallan hembras totalmente vacías, por terminar la pesca de estos artes a fines de junio; en la pesca con anzuelo se cogen ejemplares de 100 y 120 kilos, en mayo y hasta mitad de junio, bastante maduros, que desaparecen hasta fines de julio y, generalmente hasta agosto-septiembre, fecha en que están vacíos y comen vorazmente. Todo ello demuestra que el atún abandona el litoral en julio para poner al largo, donde la presencia de larvas muy jóvenes nos ilustra con precisión sobre los lugares y fechas de su reproducción.

Resumiendo: además de la zona de puesta del Estrecho de Mesina, hay otra al largo de Argelia. En cuanto al Golfo de Cádiz, nada seguro puede aún decirse.

X. CRECIMIENTO. EDAD

Para el estudio del crecimiento y de la edad, las Conferencias internacionales de Madrid, Cádiz, Málaga y Túnez recomendaron el estudio de las escamas, de los otolitos y de las vértebras. Las escamas parecen poco útil, salvo algún caso excepcional; finalmente, las vértebras, con sus anillos irregular, que no permite obtener en un plano todas sus zonas de crecimiento, como antes hemos dicho, tampoco sirven para el trabajo sistemático salvo algún caso excepcional; finalmente, las vértebras, con sus anillos de crecimiento, constituyen un excelente material para la determinación de la edad.

El crecimiento de los individuos jóvenes, de más edad que las larvas reseñadas en el Capítulo anterior, fué observado hace mucho tiempo (1816) por Amico, Duque de Ossada, el cual lo consideraba tan rápido que los individuos de 42 gramos de peso en julio, alcanzaban 122 en agosto y 840 en octubre. En los tiempos recientes, Sella ha vuelto a estudiar el problema confirmando los datos de Amico: el atún nacido a mediados de junio alcanza 42 gramos a mitad de julio, 122 a mitad de agosto, 300 a primeros de septiembre, 500 a principios de octubre y 840 hacia el final. Heldt ha tra-

zado una curva con estos datos de Amico y Sella. Este último autor hizo sus observaciones en las cercanías de Mesina. También se cita la captura de unos 1.500 atuncitos, que pesaban de 200 a 500 gramos, en septiembre, en aguas de Trípoli; se pescaron con cercos de jareta y luz artificial y también con curricán, mezclados con los peces que habitualmente pescan esas artes.

Buen, en 1932, describió un atún muy joven, de 172 mm. de longitud total, pescado en Aguilas, donde parecen abundar estas formas. También se hallan atunes muy pequeños en Baleares (25 cm. de talla) y en Bizerta, Arzeu, Provenza, Mesina y Grecia.

El estudio de la edad por el examen de los anillos de crecimiento de las vértebras fué propuesto por F. de Buen, que encontró doce anillos en un atún de 206 cm. y 119 kilos de peso, pescado en la almadraba de Barbate (5 julio 1923), al que calculó doce años de edad. Frade encontró 16 anillos en un atún de 263 cm. Sella no se limitó a observar casos aislados, sino estudió casi 1.500 ejemplares procedentes de Trípoli (pescados en junio) y de las almadrabillas del Adriático, estos últimos de uno y dos años, por no pescar las almadrabas individuos inmaduros.

Las vértebras se pueden preparar, para limpiarlas, por maceración (Buen); o por ebullición o la cal (Frade, Sella); o con agua oxigenada (Belloc), aunque pueden examinarse sin preparación especial. Los anillos de crecimiento corresponden a períodos anuales; las zonas en relieve indican la temporada de verano. Sella, para facilitar su labor, construyó tres instrumentos: uno, para medir el espesor de las zonas de crecimiento; otro, para apreciar el espesor del disco vertebral en su centro, y el tercero, para medir el valor angular de las depresiones de las vértebras anficélicas. Heldt, comprobó en varios atunes de diversos tamaños que el número de anillos es constante en todas las vértebras de un mismo animal, por lo que no es necesario elegir las de una región determinada, aunque Sella recomienda usar las caudales por tener los anillos algo más marcados.

Los trabajos de Sella se refieren a atunes desde un año hasta catorce, en los que alcanzan unos 230 cm. y pesan 230 kilos. Heldt ha construido una gráfica con estos datos, en la que se ve que el atún de un año mide 64 centímetros; el de dos, 81,5; el de tres, 97,5; el de cuatro, 118; el de cinco, 136; el de seis, 153; el de siete, 169; el de ocho, 182, el de nueve, 195; el de diez, 206; el de once, 216; el de doce, 227; el de trece, 239, y el de catorce años, 254 centímetros. El atún, antes citado, de F. de Buen, con doce anillos, tiene la talla de los de diez años solamente de la escala anterior: sería interesante conocer las variaciones medias y el error probable para ver qué significación, racial o de otra clase, puede tener esa diferencia. En cambio, el atún de Frade, de 16 anillos, puede encajar, por extrapolación, en la escala de Sella.

Un aspecto muy interesante del crecimiento es saber si éste es *normal* o no, es decir, «si las magnitudes de la misma clase experimentan iguales crecimientos en un tiempo dado» (Heldt), en cuyo caso el animal permanece semejante a sí mismo durante toda su existencia. En el atún el crecimiento no es *normal* y el estudio de la variación de sus índices biométricos ha permitido comparar sus deformaciones y precisar la magnitud de éstas.

Al crecer el atún adulto, las aletas dorsales, las ventrales y el ano parecen aproximarse a la punta del hocico, siendo este movimiento más acelerado en la parte anterior del cuerpo que en la posterior, y en la región dorsal más que en la ventral (Heldt). El fenómeno, estudiado por Heldt en el atún tunecino y por Frade en el algarbeño, hace que no todas las regiones del cuerpo se alarguen de la misma manera: el crecimiento, en un tiempo determinado, es tanto más importante cuanto más cercana a la aleta caudal esté la región considerada. Entre la punta del hocico y la vertical de la primera dorsal el crecimiento es, en el atún tunecino, el 57 por 100 de la longitud en la parte dorsal, y el 58,7 por 1000 en la ventral, en atunes que hayan crecido de 1 metro de talla a 2,60 m. En el trozo comprendido entre las dos aletas dorsales el crecimiento, en las mismas condiciones, es el 62,5 por 100, sensiblemente igual dorsal o ventralmente considerado. Por detrás de la segunda dorsal y del ano, el crecimiento en longitud alcanza el 63 por 100. Los datos de Frade indican que en el atún del Algarbe, por el contrario, la deformación es más rápida en la región ventral que en la dorsal (la primera dorsal avanza más despacio que las ventrales; la segunda dorsal avanza más despacio que el ano), pero la deformación de la parte anterior es, como en Túnez, más acentuada que la correspondiente a la región posterior del cuerpo.

XI. ALIMENTACION

El estudio de la alimentación o Bromatología del atún, además de su importancia documental, es muy interesante porque puede ilustrarnos sobre sus emigraciones, si conocemos el *habitat* de las especies ingeridas, deduciendo de ello las regiones visitadas por el consumidor; nos indica la rapidez de sus desplazamientos por el estado de conservación de los alimentos hallados en el estómago; finalmente, entre el contenido estomacal se pueden encontrar especies raras, o aún nuevas, que escapan a los métodos ordinarios de pesca científica.

El atún es un pez muy voraz y poco selectivo para nutrirse. Su apetito, sin cesar del todo, parece muy disminuído durante el período genético, es decir durante la época de desarrollo de las gónadas y de la puesta: con el enorme aumento de tamaño que experimentan las glándulas sexuales se comprimen los demás órganos y se dificulta el funcionamiento del aparato digestivo. En ese período el animal come poco, lo que unido a la rapidez, típica de los peces, con que hacen la digestión, explica que los buches de los atunes de almadraba estén casi siempre vacíos.

El atún errático o intergenético persigue, según las regiones y las épocas, a otros peces abundantes, tales como sardinas, boquerones, caballas, alachas, jureles, pejerreyes, papardas, mújoles, lisas, peces voladores, arenques (en el Mar del Norte), etc. También come peces mayores, como *Auxis*, *Th. alatum* (Sella) y gádidos (Hanson). En la región de Mesina se alimenta también con peces de fondo: *Lepidopus*, *Sebastes* y *Merluccius* de gran talla (Scor-dia); en Turquía los cebos preferidos son bonito y *Temnodon* (Devedjian).

En Sicilia y en el Mar del Norte el atún intergenético disputa sus presas a ciertos tiburones (*Carcharias glaucus*, *Lamna cornubica*) que en el período genético le espantarían.

También se encuentran en los estómagos de atún diversos Moluscos : calamares (*Loligo*) (Buen, Sella); jibias (Heldt); *Argonauta* (Dieuzeide).

Las observaciones de Sella y Scordia demuestran que las formas pelágicas del macro-plancton son consumidas en gran cantidad. La abundancia de especies, como los crustáceos *Meganyctiphanes norvegica* y *Euphausia kronii*, en el Mediterráneo, ha repercutido muy favorablemente en la pesca del atún en el Estrecho de Mesina. Además de esas especies, otras muchas de *Salpa*, *Doliolum*, pirosonomas, anfípodos, isópodos, esquizópodos, decápodos pequeños nadadores, etc., y larvas de peces forman parte del contenido estomacal. Entre los cangrejos grandes, figura el *Polybius henslowi* Leach, especie nadadora que en Galicia se llama *pateixo*, o *patilzo*, hallada frecuentemente en el estómago de los atunes del Golfo de Cádiz (Buen).

El microplancton también sirve de alimento, y el lavado de los estómagos permite recoger abundantes Copépodos, los cuales quedan retenidos en las branquias, verdadera criba o filtro branquial (Scordia), al circular el agua, de la boca a la agallas, para la respiración.

La voracidad del atún pudo comprobarla Murray, en el Mar del Norte, al ver comer a un individuo 89 arenques, que se le echaron, uno a uno, desde un pesquero; la comida cesó porque no había en aquel momento más arenques a bordo. Al saltar sobre su presa, el animal levanta su primera dorsal, que ordinariamente está alojada en su surco.

En resumen: se puede decir que el atún come de todo y se lanza sobre lo que brilla y parece huir. Entre las cosas curiosas tragadas por él se cuentan un trozo de pata de mesa, una botella y una bala de cañón de pequeño calibre (Sella). Muy frecuentemente se encuentran anzuelos de diversos tipos, que han servido a Sella para estudiar la emigraciones, como veremos más adelante.

XII. PARASITOS Y ENEMIGOS

Se han citado algunos ectoparásitos en el atún, que son generalmente Copépodos y Nematodos. Entre los primeros es frecuente encontrar una especie, que forma a veces verdaderos racimos sobre las branquias, de un interés notable: estos Copépodos son los que han dado origen a la pintoresca creencia de muchos capitanes de almadraza y pescadores de que el atún incubaba sus huevos en las agallas, sobre las que se desarrollan las larvas o atuncillos. Es decir, que un hecho real, la presencia de parásitos (a los que basta mirar con atención, a simple vista o con una lente, para persuadirse de que no son pececillos) ha sido mal interpretada, originando una de tantas fábulas como suele crecer el vulgo con obstinación digna de mejor causa. El error es muy antiguo en nuestras costas, acaso milenario, pues el P. Sarmiento, en 1757, habla de él como cosa muy conocida.

Los parásitos internos son principalmente Trematodos y Nematodos. Se

han descrito muchas especies de nematodos del intestino del atún, como los *Thynnascaris* que halló Dollfus en un ejemplar de la almadraza tunecina de Sidi-Daud, pero, en general, las descripciones y figuras son insuficientes.

Respecto a los enemigos, parece a primera vista que el atún, grande y poderoso, no ha de encontrar muchos en su camino; pero, no es así, y diversos tiburones, como el *Carcharinus lamia*, Raf.; el *Carcharodon rondeleti*, Muell.; etc., y cetáceos como el *Grampus griseus*, y sobre todo el *Globicephalus melas* L., los atacan furiosamente, arrancándoles pedazos de carne y matándolos. A veces, estos animales dispersan y asustan de tal modo al atún que éste desaparece de los lugares de pesca para toda la temporada. Cuando entran tales enemigos en las cámaras de las almadrazas es necesario apresurarse a destruirlos o ahuyentarlos, mediante anzuelos cebados con trozos de atún, arpones, etc.

Los atunes pequeños encuentran, como es natural, mucho mayor número de enemigos: focas, delfines, peces espada, etc., y aún los adultos de su misma especie o de especies afines.

XIII. DISTRIBUCION GEOGRAFICA, BATIMETRICA Y CRONOLOGICA

Para los autores, como Fraser-Brunner, que sólo admiten una especie del atún vulgar, éste es, sencillamente, cosmopolita, habitando todos los mares subtropicales y templados del globo; pero, en tanto que no haya pruebas irrefutables acerca de esta identidad, nosotros debemos limitarnos a señalar la distribución geográfica del atún europeo, que, como veremos seguidamente, es extensísima.

Empezando por el Atlántico, de Norte a Sur, se ha señalado su presencia en las costas murmanas; en el Lokse Fiord de Finmark, cerca del Cabo Norte; Islandia; Noruega (Tromsø, Oslo); Skagerrak, Kattegat, Costa escandinava; Báltico (a la entrada: Kroyer, Nilson, Mobius, Heincke, en 1709, 1843, 1869, 1878); Escocia: Moray Forth (1850), Gair Loch (Scouler, 1831); W. de Irlanda, Mar de Irlanda; Mar del Norte (Schonefelde, 1605, etcétera); Holanda: Warnemunde, Odde (Redeke); Estuario del Támesis (Donovan, 1801); Dogger Bank (1913, 1920, 1921, 1925, etc.); Canal de la Mancha; Golfo de Vizcaya; España; Portugal, Golfo de Cádiz; Islas de la Madera; Azores; Marruecos atlántico y costa del Sáhara (Navarro, Lozano); Canarias (Sella, Bellón y Bardán). También se halla en Africa del Sur (Smith).

En el Mediterráneo se encuentra desde Gibraltar al Mar Negro. En éste se cita hacia el SW., en Sizopol (Bulgaria); escasea en Crimea y en Rumanía; abunda en el Bósforo y los Dardanelos; no es muy frecuente en Egipto, acaso porque no saben pescarlo (un enorme ejemplar varó, muerto, en Rosetta, el 30 de abril de 1932). En el Adriático, se ha citado por todo él y aún dentro de la Laguna de Venecia (Ninni); suben hacia el Norte en

abril-junio y bajan en agosto-octubre, aunque también lo hay en invierno. En Francia, en el Estanque litoral de Thau, es raro, etc.

Sella indica dos grandes áreas de dispersión, incluida una dentro de otra: la más limitada, correspondiente a la época de puesta o de concentración genética, comprende el Golfo de Cádiz y el Mediterráneo occidental y central, de Gibraltar a Grecia; la otra se extiende por el Atlántico, desde Escandinavia e Islandia hasta Canarias, y corresponde a la dispersión trófica o intergenética (*atún errático* de Roule). ¿Va nuestro atún hasta América, aprovechando las aguas templadas del *Gulf Stream*? Sella se inclina por la afirmativa, apoyado, como indicamos en el Capítulo *Emigraciones*, en que algunos anzuelos y arpones, encontrados en los atunes, parecen demostrar que van de las Azores a Italia y de España a Noruega, distancias no mayores que las que hay de las Azores al continente americano.

Si nuestro atún fuera igual al americano del atlántico occidental, su área de dispersión se extendería desde Terranova hasta casi la Florida y las Antillas; pero algunas dudas anatómicas no permiten, por ahora, la identificación del *Th. thynnus* con el *Th. secundadorsalis* de América.

Indicada la distribución horizontal del atún, añadiremos algunos datos relativos a las profundidades en que habita. Desde luego, vive frecuentemente en la superficie o muy cerca de ella, como lo demuestra el que se le pesca con arpón (Noruega), curricán (Golfo de Vizcaya) o, simplemente, en las almadrabas, caladas, por lo general, en fondos de una veintena de metros. También descende algo más, en fondos de 40-50 metros, o algo mayores, como lo indican las jibias, zosteras y anzuelos de palangre encontrados en su estómago por Dieuzeide (Argelia), y las pescas que suelen realizar las artes de arrastre («Gaulois» y «Konisberg», en el Mar del Norte; barcos de la P. Y. S. B. E., en la costa sahariana (Navarro). Con liñas a pique, a unos 100 metros, se pescan en la región de Mesina; y aún mucho más profundamente con los palangres para la merluza, calados a 800-1.000 metros en la línea Bagnara-Stromboli. Como en Europa no se emplean los palangres flotantes, tan usados en el Japón, escasean los datos acerca de las profundidades que frecuenta, pero parece cierto que los atunes grandes y gruesos, genéticos, no descenden a más de 35-40 metros en el Estrecho de Mesina. También parece comprobado que los atunes mayores navegan más al largo que los medianos (Mesina, Túnez).

Respecto a la distribución en el tiempo, o cronológica, del atún, es evidente, en contra de la opinión de Aristóteles, que vive todo el año en el Mediterráneo (Raffaele, 1914; Mazzarelli, 1919; Parona, 1919, etc.) y no sólo en la época de la reproducción. Así, en puntos tan alejados como Tarifa, Mesina y Constantinopla, se le pesca en otoño e invierno, de octubre a febrero; en Francia, en el Languedoc y la Provenza, todo el año, excepto los meses de la freza; en Túnez, todo el año, agrupado o esporádico (diciembre a abril, en la región de Bizerta; abril y mayo, en Kerkennah y Tebulba (entre Susa y Mahdía); en mayo-julio, en las almadrabas ordinarias de la región; en agosto-noviembre, en la almadraba experimental de Ras el Mustafá).

Podrían multiplicarse los ejemplos, pero nos limitaremos a citar cinco, tomados de nuestros protocolos, cuatro inéditos y el último publicado por

la prensa. En la playa de la Malagueta, situada en Málaga, se pescaron con jábega, a las doce horas del día 5 de septiembre de 1950, nueve atunes; pudimos observar y medir uno de ellos, de 1,76 metros de talla y peso de unos 60 kilos. Pocos días después, el 26, nos trajeron de Pescadería dos estómagos de atún, de unos 22 centímetros de longitud. El día 8 de octubre de 1951, se pescan en la playita situada al lado de la caseta de los Prácticos del puerto de Málaga, con jábega, hacia las catorce horas, cinco atunes de 1,5 metros de longitud; la bandada era de unos 20, pero por falta de *cocles* o ganchos sólo se pudieron capturar los citados, escapándose los demás. El 3 de noviembre de 1949, la traíña «IIª María de la Luz», cuyo dueño y patrón era don Juan Rico Bueno, pescó 19 atunes, en 11 brazas de fondo, a una milla de la boca del puerto de Málaga; el menor de los ejemplares pesaba 26 kilos y el mayor 94; hicieron unos 200 boquetes en las mallas del arte y ocho desgarrones grandes; a media red, no podían tirar de ella 15 hombres; con 100 metros de red en el agua cogieron el primer atún, liado en las mallas; calcularon que la bandada era de unos 500 individuos y la vieron desde tierra, a las dieciséis horas y treinta minutos; los atunes saltaban fuera de agua, y por encima volaban muchas aves marinas; a 50 metros de distancia los identificaron; no pudieron coger más por falta de ganchos; esta bandada se vió durante cuatro días seguidos, a veces a 50 metros de las escolleras del Paseo marítimo y del dique de Levante del puerto; los estómagos estaban llenos de boquerones. Finalmente, la prensa del 7 de abril de 1951 dió a conocer que la traíña «Flote», de Almería, que se dirigía a Alicante, encontró, a las primeras horas de la noche del día 6, un enorme banco de atunes a la altura de la Cala de Cristal, cerca de Aguilas (Murcia), de los que pudieron capturar unos 900, de 25 a 28 kilos de peso, tras once horas de trabajo; las redes se rompieron varias veces.

Estos ejemplos son muy importantes por varias razones: en primer lugar, demuestran la presencia de gran número de atunes en el Mediterráneo fuera de la época de reproducción, en segundo término, indican que el atún se acerca mucho a la costa en el período intergenérico, y tercero y principal, *que existe la posibilidad de pescarlo con artes de cerco*, siguiendo el método californiano. Los casos de las traíñas «IIª María de la Luz» y «Flote» son muy demostrativos: si en vez de una red muy débil, como apropiada para peces pequeños, hubieran dispuesto de mallas más resistentes, sus pescas hubieran sido fabulosas, y a pocos lances semejantes, teniendo en cuenta el capital empleado, el cerco competiría muy ventajosamente con las viejas almadrabas, costosísimas, absolutamente pasivas y, por ende, tan aleatorias o más que cualquier otro método de pesca. El porvenir parece estar reservado a los métodos activos: caña y cebo vivo, o cercos de jareta.

XIV. CARACTERES OCEANOGRÁFICOS DEL MEDIO

Han sido muy escasas las campañas oceanográficas realizadas para dilucidar la influencia de los caracteres físicos y químicos del agua de mar en la biología del atún. En términos generales, se conoce la oceanografía del Mediterráneo y la del Golfo de Cádiz, la distribución de temperaturas y de salinidades en el transcurso del año, etc., pero apenas se han efectuado investigaciones especiales en las zonas de las almadrabas.

Resumiendo: podemos indicar las observaciones del Rey Don Carlos de Braganza, hechas a bordo de su yate «Amelia», en las que se afirma por primera vez que el atún se desplaza en aguas a temperaturas superiores a los 13°; la campaña española del «Almirante Lobo», en 1923; los trabajos de Scordia en Mesina; la campaña reciente (1950) del buque oceanográfico francés «Président-Théodore-Tissier», en aguas de Argelia, etc.

Los datos del «Almirante Lobo», que han sido publicados por F. de Buen (1925), se refieren al mes de mayo de 1923. En el Golfo de Cádiz se destacaban dos áreas superficiales con temperaturas elevadas, entre 19° y 20°, una frente a Sanlúcar de Barrameda y otra más al Sur, separadas por una masa fría, a 17°, colocada frente a la bahía de Cádiz; también existía otra zona aún más caliente frente a la ría de Huelva; frente a Cabo Espartel había otra zona fría, distribuyéndose las isotermas en la región del Estrecho de Gibraltar de N. a S. Respecto a la salinidad, la isohalina de 36 por 1.000, en la superficie, después de sufrir varias inflexiones frente a Arenas Gordas, penetraba hasta el litoral entre Chipiona y Rota. En resumen: las aguas marinas superficiales, en mayo de 1923, del sur atlántico de España, estaban rodeadas por el W., hacia alta mar y por la parte del Estrecho, por zonas frías y de mayor salinidad, señalándose dos subzonas por una intrusión fría frente a Cádiz. En aguas de baja salinidad relativa y elevada temperatura se obtuvieron las mejores pescas (Punta de la Isla). A 10 metros de profundidad la distribución de temperaturas y salinidades era semejante, encontrándose la máxima temperatura frente a Cádiz y las mínimas en el Estrecho, Huelva y alta mar; la isohalina de 36 por 1.000 se presentaba al largo desde Ayamonte a Conil, disminuyendo la salinidad cerca de la costa y especialmente al S. de la desembocadura del Guadalquivir. Es lamentable que estos datos sean pocos y limitados a un solo mes.

Más adelante, al tratar de las emigraciones, expondremos las observaciones de Scordia y sus colaboradores en la región del Estrecho de Mesina; de otras efectuadas en la zona de los Dardanelos ya hemos dado cuenta en el Capítulo VIII.

La campaña más reciente, efectuada con miras al estudio de la biología del atún, ha sido la del «P.-Th.-Tissier», antes mencionada, por aguas de Argelia. Los datos completos de temperatura y salinidad aún no han llegado a nuestras manos, pero sí un resumen publicado por Dieuzeide, en el que se indica la existencia de un calentamiento notable del agua a través de Bugía, en la zona de 0 a 25 metros de profundidad, elevación de temperatura

que se deja sentir, en el mismo punto, hasta los 50 metros. En el meridiano de Philippeville se encontró un fenómeno idéntico: en tanto que a 16 millas al largo la diferencia entre la superficie y la zona a 25 metros era de $4^{\circ}3$, próximamente, a 30 millas esta diferencia se reducía a $1^{\circ}2$; a 40 millas, a $1^{\circ}9$, y a $1^{\circ}6$ a 54 millas. Las diferencias de temperatura entre la superficie y 25 metros eran débiles en el meridiano de Argel: a 11 millas, $0^{\circ}4$; a 16, 1° ; a 30 millas había en la superficie $23^{\circ}6$ y $23^{\circ}6$ a 25 metros (9 de julio de 1950). En Ténés fué donde las aguas cálidas, probablemente mediterráneas, aparecen con mayor nitidez: a 54 millas de la costa, a 30, a 16 y a 6 sólo se encuentran diferencias de una a tres décimas de grado entre 0 y 25 metros. Hasta 54 millas al largo de Ténés hay una masa de aguas cálidas de 25 metros de espesor; la capa de 50 metros también está a 20° , a 6 y 16 millas de la costa. A partir de las 30 y de las 54 millas, si bien la temperatura de las aguas a 50 metros baja 2° , queda por encima de la media en el resto de la zona. La marcha general de la temperatura entre la superficie y los 100 metros de profundidad, durante el fin de junio-primer mitad de julio de 1950, se representa en dos gráficos muy demostrativos publicados por Dieuzeide.

Pero el resultado más interesante de esta campaña no concierne a la físico-química del mar, sino a la biología, pues, como hemos dicho en el Capítulo *Reproducción*, el 7 y el 8 de julio se pescaron varias larvas de atún, de 5 y 6 mm. de talla, en los meridianos de La Calle y de Argel, a 40 y a 54 millas de la costa, descubrimiento sensacional que nos demuestra la existencia de otra zona de puesta, además de la conocida de Sicilia.

XV. EMIGRACIONES

Desde la más remota antigüedad, el problema de las emigraciones del atún preocupó a las gentes, cultas o no: un pez semi-fabuloso aparecía en bandadas enormes, tan cerca de la tierra que se le podía capturar con facilidad, y enriquecía una comarca; de pronto, desaparecía misteriosamente. ¿Adónde huía? ¿Cómo volvía al año siguiente? Descubrir la zona de sus retiradas, equivaldría a poderlo encontrar de nuevo y continuar su pesca. La ciencia moderna se ha vuelto a plantear el milenario problema, buscando hechos y pruebas, prescindiendo de supuestos «instintos», de «memorias hereditarias», de la «vuelta automática al lugar de nacimiento», de la «previsión de las circunstancias favorables a las larvas» y demás argumentos de orden conjetural. Los peces tienen necesidades y sufren influencias; sus desplazamientos han de estar regulados por las circunstancias del medio. Descubrir estas necesidades, estas influencias, y en qué sentido el medio condiciona y determina, es la tarea de los investigadores actuales.

TEORÍA EMIGRATORIA ANTIGUA

La opinión más antigua, que expuso Aristóteles y es aún hoy aceptada por los pescadores, es la *teoría emigratoria*, según la cual el atún es una especie del Atlántico que, al llegar la primavera, entra en el Mediterráneo por el Estrecho de Gibraltar, lo cruza en toda su extensión y va al Mar Negro y Mar de Azof a poner, retornando después al Atlántico. Sin que sepamos porqué, Aristóteles y los autores antiguos afirman que el atún ve mejor con el ojo derecho que con el izquierdo, y por ello, al entrar en el Mediterráneo sigue por su derecha, bordeando la costa de Africa, y, al volver, lo hace por la costa europea. Cada año, pues, hay una larguísima emigración, un gran viaje que comprende una ida y una vuelta, de donde proviene la distinción que hacen los pescadores del atún de «arribada» o de «derecho» («Thon d'arrivée», «thon de course», de los franceses; de «direito», de los portugueses) que pasa en primavera para ir a poner, y del atún de «retorno» o de «revés» («thon de retour», de «revez», etc.) que pasa en sentido inverso, en verano, después de la puesta. El P. Sarmiento, en 1757, admite en general esta teoría, pero supone que algunos atunes jamás abandonan el Atlántico; y cree que la zona de invierno está en el Mar de los Sargazos.

Durante dos mil años la teoría emigratoria aristotélica se mantiene sin contradicción, pero en el siglo XVII, una veintena de años después de nuestro Sarmiento, el naturalista sardo Cetti afirma que la puesta no sólo se realiza en el Mar Negro, sino también en las costas de Cerdeña: el viaje, pues, se acorta considerablemente, por lo menos para una parte considerable de la masa de atunes que penetró por Gibraltar. Pocos años después, al comenzar el siglo XIX, Amico, duque de Ossada, siciliano, refuerza la opinión de Cetti afirmando que la puesta se verifica también en Sicilia, donde se desarrollan las larvas y los jóvenes, que quedan en el Mediterráneo formando una población autóctona. La teoría de las grandes emigraciones queda así malparada.

TEORÍA AUTÓCTONA

Pavesi, natosalista italiano, destruye aún más, a fines del siglo XIX, la teoría emigratoria, considerando al atún como un pez mediterráneo abisal, que pasa el invierno en la profundidad y remonta en primavera para poner en aguas superficiales, proponiendo la *teoría autóctona*. Gourret, por igual época, aunque partidario de la teoría emigratoria, señala la desaparición de los atunes al final de la primavera en las costas de Provenza y del Languedoc, donde no vuelven a presentarse hasta julio y agosto. En 1898 y 1899, Don Carlos de Braganza, rey de Portugal, indica que los atunes que parecen dirigirse en primavera al Estrecho de Gibraltar no entran en el Mediterráneo, y vuelven desde el Golfo de Cádiz al Atlántico después de haber puesto; los desplazamientos requieren una temperatura del agua del mar superior a los 13°, afirmación que supone la primera mención de una rela-

ción entre la presencia de nuestro pez y las condiciones físicas del mar. Estas ideas, complementarias de las de Pavesi, conducen a suponer la existencia de dos poblaciones atuneras, una en el Atlántico y otra en el Mediterráneo, independientes y autóctonas, aunque efectúen desplazamientos similares para la puesta en cada mar.

En los comienzos del siglo xx, aparecen las publicaciones de Bourge y las de Sanzo. Este último, encontró y describió el huevo, flotante después de la puesta y la fecundación. Pero estos trabajos, aunque interesantísimos, no resuelven el problema del determinismo de las apariciones y desapariciones anuales del atún, que la teoría emigratoria explicaba en parte y que la teoría autóctona deja al margen.

TEORÍA HIDRODINÁMICA

Bounhiol fué el primero que, en 1911, trató de demostrar, mediante observaciones efectuadas en Argelia, la influencia del régimen de vientos en la aparición y desplazamientos del atún. Llamó a sus opiniones *teoría hidrodinámica*, creyendo que las corrientes marinas, originadas por la acción del viento, dirigen los movimientos del atún, que trata de remontarlas.

TEORÍA HALOTÉRMICA

Hacia 1912 empezó sus investigaciones Roule, primero en Cerdeña y luego en Provenza. Se muestra convencido de la teoría autóctona por haber todo el año atunes en Provenza y en Languedoc, salvo los dos meses de fines de primavera, regiones que no abandonan para invernar en el Atlántico; pero, en contra de la opinión de Pavesi, no cree que pertenezcan a la fauna abisal, sino a la batipelágica, o sea que, según las condiciones del medio, viven en las aguas superficiales o en zonas más o menos profundas. Así, en pleno invierno, se pescan a pocos metros de profundidad en el Golfo de León. La existencia de una población autóctona en el Mediterráneo no excluye la posibilidad de una emigración complementaria procedente del Atlántico, y por ello el autor se dedicó a estudiar las apariciones y desapariciones anuales en los lugares de pesca, llegando a la conclusión de que estos desplazamientos están ligados a la actividad reproductora. El área de puesta en el Mediterráneo occidental está entre Cerdeña, Sicilia y Túnez; al llegar, en abril y primeros de mayo, el comienzo de la madurez sexual, los atunes se reúnen en grandes bandadas en diversos lugares de la cuenca mediterránea y, luego, se dirigen hacia el área de puesta, reuniéndose en ella hacia fines de mayo, capturándose en las almadrabas en este momento; después se completa la maduración sexual y se verifica la puesta en junio y primeros de julio, dispersándose a continuación los individuos por toda la cuenca.

Roule llama *atunes genéticos* a los que están en período de madurez sexual, y *erráticos* a los dispersos que ya han puesto o son inmaduros.

Los que son *erráticos* durante el verano, otoño e invierno se convierten en *genéticos* en primavera, se reúnen en bancos, efectúan el viaje nupcial hacia las áreas de puesta, ponen, y entonces se vuelven otra vez *erráticos*, se dispersan y regresan a las regiones de donde partieron para la concentración reproductora. Así se explica la desaparición de la especie en mayo-junio de las costas de Provenza y su reaparición en julio, compensada por su presencia en mayo-junio en la zona de las almadrabas sardas, sicilianas y tunecinas y su desaparición de ellas en julio. Para Roule no se trata de una verdadera emigración, sino de desplazamientos consecutivos a la actividad reproductora, cuya regularidad anual corresponde a la de la maduración sexual.

El problema, sin embargo, sólo se resuelve así en su parte ecológica, pero no se explica su determinismo. ¿Porqué los atunes no ponen en dónde viven normalmente sino que se dirigen a una región limitada, siempre la misma? ¿Qué causa les hace convergir a todos, vivan dónde vivan, hacia un área determinada? Roule cree hallar la explicación considerando que el atún es estenotermo y estenohalino; que su *habitat* normal está formado por la corriente mediterránea de salida y las capas dependientes de ella; y, finalmente, que su sensibilidad hacia el calor y la salinidad se exalta en la época de la reproducción. Los atunes *genéticos* buscan las aguas más cálidas y de mayor salinidad y se dirigen hacia donde las encuentran: el lugar propicio es su área de puesta. De esto deduce su *teoría halotérmica*, que subordina el viaje nupcial a la necesidad de encontrar aguas templadas y densas; el determinismo de los desplazamientos depende de un *termotropismo* en primer lugar, completado por un *halotropismo*.

El autor, fundándose en los datos de temperatura obtenidos por el «Pourquoi-Pas?» afirma la coincidencia entre la dirección de las temperaturas crecientes en el Mediterráneo occidental y la que siguen los atunes en su viaje nupcial: la influencia del *termotropismo* se confirma así de modo directo. En cambio los valores hallados para la salinidad, entre 37.00 y 38.00, son los habituales en el Mediterráneo y su distribución no parece obedecer a ninguna regla, quedando sin demostrar la influencia del *halotropismo* en el viaje antes referido. Sin embargo, es posible que esta influencia sea cierta en las almadrabas de Cerdeña, Sicilia y Túnez, artes fijos muy cercanos a la costa, situados en aguas litorales sobre las que actúan los aportes procedentes de tierra (aguas fluviales, aguas freáticas) modificando la salinidad. Esta disminución local de la salinidad explicaría la falta de atunes en ciertos golfos (Marsella, Nápoles) o regiones (Provenza, Córcega) donde antes se pescaban. En Túnez pudo comprobar que el rendimiento de las levantadas estaba en razón directa del alto grado *halotérmico* del agua, pero la experiencia fué hecha en una sola almadraba y durante poco tiempo (1913). En tanto que se repetían estos experimentos, para evitar el *empirismo* habitual, creyó ver confirmadas sus ideas considerando los resultados anuales de una almadraba en función de los aportes de agua dulce deducidos de la pluviometría local. Las curvas que representan el rendimiento en atunes y la cantidad de lluvia parecen demostrar que los primeros son más abundantes los años poco lluviosos.

La temperatura de las aguas en la época de la freza está comprendida

entre 18° y 20°. Los atunes llegan a las almadrabas en sentido contrario al desplazamiento de las aguas cálidas y la regularidad de estos movimientos ha creado la presunción de que los bancos efectúan una emigración orientada de modo constante. Las variaciones diarias de esas capas de agua, según las circunstancias meteorológicas, actúan sobre el acceso de los atunes y producen las alternativas en el rendimiento de unas levantadas respecto a otras. Al instalar una almadraza deben, pues, tenerse en cuenta las variaciones del medio, tanto del lado marino como del de los aportes litorales.

TEORÍA TÉRMICA

Para De Buen, 1925, la causa más importante de los desplazamientos del atún es la influencia de la temperatura, y designa su teoría con el nombre de *térmica*, sin negar la influencia, que estima secundaria, de otros factores. Afirma que las almadrabas (concretamente se refiere a la de Punta de la Isla, Cádiz) obtuvieron mayores rendimientos, en 1923, con aguas de poca salinidad relativa y elevada temperatura. Los datos oceanográficos, obtenidos a bordo del «Almirante Lobo», no fueron demasiado numerosos y se refieren sólo al mes de mayo para el Golfo de Cádiz.

INFLUENCIA DE LAS MAREAS PROFUNDAS

El almirante portugués Neuparth dedujo del estudio de las estadísticas de su país, desde 1797 hasta 1918, o sea en un período de ciento veinte años, que las curvas representativas del número de atunes pescados presentan una regularidad notable: cada cuarenta años se encuentra un máximo y un mínimo importante y cada ocho años otros relativos. Fueron muy abundantes 1800 y 1880; muy escasos, 1840 y 1920; los máximos relativos corresponden a 1898, 1906 y 1914; los mínimos a 1902, 1910, 1918. Esta periodicidad, que forma una sinusoide, es análoga a la encontrada por Petterson en el arenque del Mar del Norte, cuya pesca florece cada ciento once años, obedeciendo a la existencia de mareas profundas de largo período dependientes de las fases lunares. Esta causa cósmica, si no explica emigraciones, nos orientaría acerca del porqué de la abundancia o escasez del atún. La importancia de una buena estadística queda acentuada, aunque en la publicada por el Padre Sarmiento, que comprende el rendimiento de las almadrabas andaluzas, propiedad exclusiva de la casa de Medina Sidonia, desde 1525 a 1756, o sea durante un período de doscientos treinta y uno años, no parece advertirse la periodicidad hallada por Neuparth.

TEORÍA EMIGRATORIA DEL PROFESOR SELLA

Después de las leyendas de la antigüedad, de las concepciones simplistas, de los razonamientos *a priori*, y de las teorías recientes, fundadas pero discutibles, aparecen las observaciones revolucionarias, palpables, del profe-

sor italiano Sella, el cual se dedicó sistemáticamente a recoger los anzuelos que se suelen encontrar aferrados en la boca o en el estómago de los atunes pescados y a indagar su origen. Sella intentó en 1912, en la almadraza italiana de Gallipoli, el marcado de los atunes, sin éxito, pues de la veintena de pequeños ejemplares señalados ninguno volvió a pescarse; sin embargo, siguió creyendo en el método, aunque no se le ocultaban las dificultades operatorias en los grandes ejemplares y, sobre todo, las económicas, por la necesidad de dejar en libertad tan valiosos peces después de capturados y marcados. Pensó entonces Sella que no era absolutamente necesario recurrir a una marca especial y que los anzuelos arrancados de las líneas o curricanes por los atunes, al sentirse heridos, implantados en la boca o en el estómago, podrían desempeñar igual papel, puesto que cada país posee sus anzuelos propios, su manera de armarlos, etc., datos que pueden servir para indicar el punto donde se intentó pescarlos, o sea la zona de partida; el sitio de captura indica el final de la trayectoria seguida y es fácil señalar en el mapa el itinerario.

Esta forma de estudiar las emigraciones se ha llamado «método de los anzuelos», al cual han dado Sella y Heldt la mayor publicidad posible para que todos los pescadores que encuentren anzuelos, arpones, etc., clavados en los atunes, los remitan a los especialistas con datos sobre las circunstancias de la captura. Así se ha conseguido reunir una numerosa colección de estos artefactos, que se han reexpedido a los presuntos lugares de partida para conocer el dictamen de los pescadores locales.

Los itinerarios así determinados son muy curiosos: anzuelos de Tarifa, se han encontrado en atunes pescados en Sancti Petri e Isla Cristina, en Cerdeña, en Túnez; de Málaga, en Trípoli; del Golfo de Vizcaya, en Cerdeña, en Sicilia y en el *fiordo* de Oslo (Noruega); de Constantinopla, en Túnez y Trípoli, etc., Las conclusiones más importantes son: los anzuelos mediterráneos indican un intercambio de atunes entre todas las regiones de este mar, de modo que no parece haber grupos autóctonos separados en las diversas cuencas, renovándose continuamente la población atunera de cada región, como se comprueba por la escasez de hallazgos de anzuelos en la zona en que son utilizados; los anzuelos atlánticos hallados en el Mediterráneo prueban el paso indudable de los atunes por el Estrecho de Gibraltar; el anzuelo del Golfo de Vizcaya encontrado en Oslo establece la relación entre España y Noruega y, por tanto, entre el Mediterráneo y el Mar del Norte. Esta última relación se refuerza por el hallazgo en Túnez de un arpón, al parecer, noruego (1931).

Sella esquematiza así las emigraciones del atún, fundado en las procedencias de los anzuelos y en las variaciones estacionales de la pesca: 1.º Reunión de los atunes en mayo-junio en la zona restringida de reproducción, que comprende el Golfo de Cádiz, desde Cabo de San Vicente al NW. de Marruecos, y el Mediterráneo occidental; 2.º Movimientos centrífugos, dirigidos especialmente hacia el Norte, en verano y comienzo del otoño, hasta ocupar toda su área de dispersión (Atlántico, desde Noruega a Canarias; todo el Mediterráneo y mares a él unidos); 3.º Reducción del *habitat* al acercarse el invierno; 4.º Nueva emigración hacia el Norte, en marzo-abril, de poca amplitud, inmediatamente antes del comienzo de la maduración

sexual, y 5.º Nueva desaparición del Norte y concentración genética en mayo-junio en la zona restringida de reproducción. Después, el ciclo vuelve a comenzar.

A la teoría de Sella se le han opuesto diversas objeciones : la más importante es que es muy difícil saber el lugar donde el atún atrapó el anzuelo, si éste no venía previamente marcado, pues aunque se tenga la evidencia de que es, por ejemplo, bretón, la liña o el curricán pueden haber sido lanzados al agua en cualquier lugar del Atlántico o del Mediterráneo desde un barco mercante, como es frecuente, en cuyo caso fracasa el punto de partida. Para Roule, las observaciones de Sella sólo indican que algunos individuos aislados pueden cruzar el Estrecho de Gibraltar, sin tener que ver con las concentraciones en masa, las apariciones y desapariciones gregarias y el determinismo térmico que caracterizan la reproducción del atún. Sella, a su vez, critica los argumentos de Roule y de Buen, autores que niegan el paso del Atlántico al Mediterráneo, por no conocerse suficientemente las reacciones térmicas del animal, fuera del período reproductor, para poder afirmar que el Estrecho le es infranqueable. Roule supone que los atunes erráticos del Golfo de León van de mayo-julio a dejarse coger en las almadrabas de Cerdeña, Sicilia y Túnez, a lo que objeta Sella las diferencias de talla de unos y otros, por ser los atunes de las almadrabas mucho mayores (70-120 Kg.) que los de la Provenza y Languedoc (20 Kg.) y no haber tiempo material para que crezcan tanto. El fenómeno podría explicarse, como hemos dicho en el Capítulo *Biometría*, suponiendo que los atunes grandes proceden del Atlántico y caminan hasta tropezar con Cerdeña, y poco después con Sicilia, lo que parece de acuerdo con el gran tamaño, en general, de los ejemplares en los que se han encontrado anzuelos atlánticos.

Como hemos visto, las teorías se han sucedido provocando numerosas discusiones. Los antiguos afirmaban la existencia de una emigración extensísima ; Pavesi, Roule, confinaron al atún en áreas limitadas ; Sella vuelve a las grandes emigraciones, atribuyendo a nuestro pez un área aún más amplia que los antiguos, pues, fundado en el hallazgo de un anzuelo de procedencia norteamericana en un atún pescado en Cerdeña, supone que la especie es capaz de atravesar el Atlántico, aprovechando el *Gulf Stream*.

La disparidad de criterios y de opiniones obliga a plantear el problema con la mayor severidad, multiplicando las observaciones, las experiencias y las comprobaciones ; es preciso buscar nuevas pruebas, nuevos argumentos, y operar con métodos que se complementen. De éstos, unos pueden ser directos (marcado, anzuelos, observación desde aviones, etc.) y otros indirectos (comparaciones biométricas, etc.). A continuación resumimos sus características.

M A R C A D O

Es, indudablemente el método más convincente, pues, conocidos exactamente los puntos de partida y de llegada, se averiguará el camino recorrido y otras particularidades muy importantes, como el crecimiento durante el intervalo entre el marcado y la captura. Las dificultades que presenta

son notorias, unas de orden económico y otras puramente técnicas. Para que el marcado sea eficaz, es preciso señalar el mayor número posible de ejemplares, y no es sencillo el lograr que los almadraberos consientan en dejar escapar peces tan valiosos después de capturados ni disponer de medios económicos suficientes para pagarlos. Sería conveniente, en las futuras concesiones de almadrabas, imponer a los dueños del arte la obligación de ceder a los organismos científicos cierta proporción de las capturas. Tampoco es fácil, en el aspecto técnico, marcar unos animales tan grandes y tan fuertes, casi indomeñables, que se debaten furiosamente en el copo al hacer la levantada y pueden malherir al marcador de un simple coletazo.

Sella fué el iniciador del marcado de atunes, en 1911, en una almadraba italiana de la Apuglia. Utilizó una placa de cobre, con su leyenda, sujeta mediante un anillo de cobre a la cola del animal. Los ejemplares marcados fueron muy pocos, para no causar perjuicios económicos, y ninguno fué repescado. El intento siguiente fué hecho por los portugueses Frade y Dentinho, en la almadraba Senhora do Livramento, en el Algarbe, en 1931, utilizando una cinta de cobre fosforoso; en años sucesivos, emplearon una chapa cuadrangular de cobre, adosada a otra de cuero, y con tiras de este material para amarrarla a la cola; un tubo de latón atado con un cablecillo de cobre fosforoso a la cola; y una chapa metálica, de cobre, arrollada por uno de sus lados menores a un alambre de igual material, doblado en forma de llave de abrir latas por un extremo y aguzado por el otro para atravesar la base de la segunda aleta dorsal, a la que se fija doblando simplemente el alambre. El cuero se usó para evitar el contacto permanente de la piel con las chapas metálicas y las posibles ulceraciones consiguientes. En total se marcaron 107 atunes de 1931 a 1935. Al parecer, fueron recuperados tres, pero no se han publicado datos. Para colocar las marcas se usó el siguiente procedimiento: el operador se colocaba dentro del copo, en una de sus esquinas, auxiliado por dos o más pescadores, al final de la levantada; se cogía un atún mediano, se le amarraban las marcas, se medía su longitud y se le echaba fuera de copo. Se estableció que los atunes pequeños y medianos serían capturados los últimos, consiguiéndose de este modo no perturbar la faena pesquera, que se simultaneaba con el marcado. Las tallas de los atunes marcados estaban comprendidas entre 1 y 2 metros.

Heldt ha ideado otras marcas, consistentes en una chapa redonda, como una moneda, con un orificio para introducir una larga pértiga, a frotamiento suave, que se maneja como un arpón; el disco o botón queda sujeto mediante una punta bífida o una palanca punzante, análoga a los botones para cuellos postizos, que bascula después de clavada y queda bien sujeta al animal. El mejor sitio para clavar este botón-arpón es detrás de la cabeza. No se han hecho ensayos sistemáticos con estos artefactos. También se ha propugnado el lanzamiento de flechas desde un avión y hasta se ha construido un fusil especial para disparar las marcas, pero no se ha pasado de la teoría a la práctica, que tendría la ventaja de operar sobre las bandadas libres, no pertenecientes aún a nadie.

El método de las marcas ha sido impugnado por Mazzarelli, por creérle muy caro y excesivamente aleatorio, ya que las posibilidades de recapturar los ejemplares son muy pequeñas. Sin embargo, Frade y Heldt opinan que

los datos indudables que se pueden obtener valen más que todas las conjeturas inherentes al método de los anzuelos, y bien merecen algunos sacrificios. En nuestra opinión deben continuarse los ensayos, usando marcas del estilo de las utilizadas en California, consistentes en un botón rojo de celuloide o materia plástica, que queda sujeto al preopérculo, mediante una cintita de plata, por la acción de una pinza especial. La operación no dura más que quince o veinte segundos hecha por personal adiestrado. El problema más arduo es conseguir la cooperación de los almadraberos.

ANZUELOS MARCADOS

Para evitar la indecisión acerca del origen verdadero de los anzuelos estudiados por Sella, se ha propuesto el empleo de otros marcados, precisamente en su parte curva, más resistente a las posibles roturas. Con arreglo a este criterio, los pescadores franceses de Groix utilizaron en los años 1927 a 1929, 60.000 anzuelos marcados (con una G y la cifra final del año) durante la campaña del bonito (*Th. alalunga*). Heldt, iniciador del sistema, dice no haberse recuperado ninguno, y añade que diversas sociedades de pesca deportiva de la Gran Bretaña comenzaron a usar, siguiendo sus consejos, anzuelos marcados, incluso, para facilitar su pérdida en la boca o en el estómago de los atunes, montándolos flojamente *ex-profeso*.

OBSERVACIÓN DESDE AVIONES

El procedimiento no es nuevo y se ha usado en múltiples ocasiones para buscar los bancos de diversos peces. Heldt, gracias a la generosidad del Aero Club de Tángier, pudo, en mayo de 1932, en plena época de pesca, volar sobre la almadraba, observando dos atunes aislados que acabaron por entrar en el arte. Dos días antes, el 20 de mayo, el mismo avión descubrió un banco de atunes, de varios millares de individuos, escoltados por algunos cetáceos (*Grampus griscus*?), que se separaron de aquél para lanzarse sobre la sangre que manchaba el mar cerca de la almadraba, en la que se acababa de hacer una levantada. Los aviones, especialmente los autogiros, pueden desempeñar un papel fundamental para localizar los bancos, seguirlos, e incluso comprobar si atraviesan o no el Estrecho de Gibraltar, resolviendo así uno de los puntos más ásperamente debatidos relativo a las emigraciones.

MÉTODO DE LOS ÍNDICES BIOMÉTRICOS

Es el más importante de los métodos indirectos usados para estudiar las emigraciones. Se funda en que si los individuos de una especie emigran libre y ampliamente por toda su área de dispersión, los caracteres serán iguales en todas las zonas, por cruzamiento incesante de los de unas con los de las otras; en cambio, si la especie habita, por decirlo así, com-

partimientos estancos, el medio local influirá en sus habitantes, acentuando ciertos caracteres, que pueden servir para distinguir razas geográficas. Si el atún es idéntico en todas partes puede afirmarse que sus emigraciones son muy extensas; si se observan diferencias, los movimientos emigratorios son de poca envergadura y puede hablarse de poblaciones autóctonas. Esta distinción es fundamental para racionalizar la pesca cuando se ejerce de modo activo, yendo a buscar los peces en su *habitat*, como en el caso del atún de aleta amarilla (*Neothunnus macropterus*) del Pacífico; si la especie está localizada en ciertas zonas, sin recibir aportes de otras inmediatas, se corre el peligro de la «sobrepesca» y del consiguiente agotamiento. Este problema no afecta mucho a las almadrabas, artes pasivos que capturan lo que buenamente se deja coger, pero tampoco puede perderse de vista ni subestimarse porque el porvenir está en la pesca activa.

En este método es fundamental el que los datos obtenidos por los diversos investigadores sean perfectamente comparables. La técnica aconsejada por los Congresos internacionales debe seguirse al pie de la letra, reduciendo al mínimo los errores debidos a la «ecuación» o factor personal. Es obvio que han de multiplicarse las medidas en cada país o región para tener exactamente definidos los atunes que las frecuentan antes de compararlos con los de otras zonas. Este trabajo se puede decir que está en sus comienzos, desdichadamente, como veremos por los ejemplos que siguen.

Heldt fué el iniciador del estudio biométrico del atún, y ha publicado los índices de un centenar de ejemplares de las almadrabas tunecinas; otras muchas medidas, tomadas en ejemplares intergenéticos de la región de Bizerta, permanecen inéditas. Le siguió Frade, que midió más de un millar de atunes en las almadrabas del Algarbe, pero sólo ha publicado los datos de un centenar. De la comparación de los índices calculados en Túnez y en Portugal se deducen algunas diferencias, que hemos indicado en el capítulo *Biometría*. Por el contrario, según Sella, que midió una cincuentena de atunes de la región de Cádiz y otros tantos de Trípoli, no se encuentran variaciones suficientes para individualizar una raza atlántica y otra mediterránea. El examen de las vértebras de 1.800 atunes de diversas procedencias, hecho también por Sella, parece indicar que el crecimiento es el mismo en los atunes del Atlántico y del Mediterráneo, y que no es cierta la hipótesis de Steuer, autor que supone un raza de grandes atunes en el Océano y otra de individuos pequeños en el Mar interior.

Como antes hemos dicho, el método de los índices debe sustituirse por el más exacto de las regresiones, que opera con las mismas medidas. En definitiva: lo hecho hasta ahora debe considerarse como un mero ensayo preparatorio del gran volumen de mediciones que se necesitará tomar para definir el atún de cada región y luego comparar el de unas zonas con el de otras.

MÉTODO DE LAS VARIACIONES DEL MEDIO

Scordia, en colaboración a veces con Mazzarelli, estudió durante varios años seguidos las condiciones físicas y químicas, y las meteorológicas concomitantes, relacionadas con la aparición y movimientos del atún

en Calabria, Sicilia y el Estrecho de Mesina. Deduce de sus observaciones que la concentración genética no se efectúa en la misma zona de las almadrabas, situadas a dos o tres kilómetros de la costa, sino más al largo en una vasta zona de límites imprecisos. Añade que el área genética es única, en el sentido de que no hay una «zona de maduración», cerca de tierra, y otra de «reproducción», al largo, de modo que todo el proceso de reproducción se verifica en alta mar. Las almadrabas están, pues, como dice Roule, en la periferia del área genética, y capturan más o menos atunes según la abundancia de los bancos y sus desplazamientos en dicha zona: puede haber mucho pescado cerca de las artes y entrar poco en las cámaras; dirigirse hacia Calabria o a Sicilia, o permanecer en la parte alta o en la baja del Estrecho.

Para explicarse este diverso comportamiento, Scordia lo estudió en relación con los fenómenos naturales, llegando a la conclusión de que la llegada del atún a las almadrabas se debe principalmente a una brusca de presión atmosférica, la cual, por un mecanismo ignorado, excita a los animales, hipersensibles en esa época de su vida, y los empuja hacia la costa. El mismo fenómeno se ha observado en ciertos cefalópodos, la anguila, etcétera. El viento no parece tener influencia. Las temperaturas del mar inferiores a 17° ó 18° forman una barrera térmica para nuestro pez, eminentemente estenotermo y termófilo. En las cercanías de las almadrabas de Tonno y Angilota hay una masa de agua relativamente fría (15°-16°) por debajo de la isóbata de 35 metros, que parece obligar a los atunes a mantenerse cerca de la superficie, favoreciendo su aproximación a la costa y la entrada en el arte. La salinidad de la región estudiada sólo varió de 37 a 38 0/00, y crece a medida que avanza la época de pesca, sin que se pueda afirmar su importancia biológica. Las corrientes superficiales, invocadas otras veces como muy influyentes en la marcha del atún, son de escasísimo espesor y no tienen, a veces, nada de común con la verdadera corriente debida a la fuerza propia del mar, que es la que tiene importancia, por arrastrar al plancton que devora nuestro pez, el cual nada en muchas ocasiones contra corriente para perseguir presas mayores.

EMIGRACIONES EN LA REGIÓN DE MESINA

Esta zona, formada por las cuencas del Mar Tirreno y del Jónico, y su unión en el Estrecho de Mesina, ha sido detenidamente observada por Scordia, que sintetiza así los movimientos del atún en ella: 1.º Desde septiembre a la primavera, concentración y permanencia de los atunes intergenéticos (calificativo que prefiere al de «erráticos», puesto que los animales permanecen varios meses en la misma zona) en la parte meridional del Tirreno y parte alta del Estrecho. 2.º En abril-mayo los bancos descienden hacia el Sur, cruzan el Estrecho y entran en el Jónico para la concentración genética; y 3.º A partir de la mitad de julio, éxodo hacia el Norte de los atunes genéticos, que remontan al Tirreno. La llegada de atunes del Norte, en otoño-invierno y su permanencia entre las islas Lípari o Eolias y el Estrecho, parece indudable. Los atunes erran buscando ali-

mento, y se les pesca fácilmente con liña, a la «lancia» y aún con los palangres de fondo. En septiembre-octubre descienden por el Estrecho, sin rebasar la altura de Mesina, efectuándose todas las pescas al norte de esta ciudad; salvo casos aislados, estos peces jamás retornan hacia el Tirreno en el curso del invierno. Durante el desplazamiento siguen invariablemente su camino, sin apartarse de él para buscar presas, ni comer más que lo que encuentran en ruta, despreciando los cebos de las liñas; esto puede explicar por qué no se pescan en la parte meridional del Estrecho, ni en el Jónico, aunque también pudiera consistir en que se mantienen a cierta profundidad o lejos de la costa.

Los atunes genéticos de verano aparecen hacia fines de junio, tan pronto sobre Calabria como sobre Sicilia; se les pesca durante un mes y se comprueba su éxodo hacia el Norte, en bancos numerosos (1932) o pequeños (1933); este paso cesa en septiembre.

Los individuos que pasan en uno y otro sentido difieren en algunos caracteres: 1.º Los que van hacia el Sur son intergenéticos, con las gónadas apenas desarrolladas, en tanto que los emigrantes hacia el Norte presentan las glándulas sexuales casi maduras, o llenas y turgentes, o con señales de haber comenzado la puesta. 2.º Los atunes de otoño-invierno pesan un promedio de 50-76 kilos, mientras que los genéticos alcanzan 250 y pueden sobrepasar los 400. El número de individuos pequeños que pasan del Jónico al Estrecho parece ser muy reducido. Y surge la duda, ante estas diferencias, de si serán los mismos bandos los que suben y los que bajan.

De los trabajos de Scordia se deducen otras consideraciones interesantes que sería largo resumir, como, por ejemplo, que la llegada de los atunes de otoño-invierno al Estrecho se verifica cuando las aguas están aún en el régimen heterotérmico estival, con temperaturas altas en la superficie; que la abundancia de atunes pequeños en octubre-noviembre indica que se comportan como estenotermos termófilos, en tanto que los medianos y grandes aparecen, durante la heterotermia, como euritermos, o los mayores como estenotermos no termófilos, demostrando reacciones termotácticas diferentes según la edad de los individuos; que la partida de los atunes de invierno coincide con el comienzo de la transición del régimen homotérmico invernal al heterotérmico de verano; que aún es pronto para precisar la influencia de las variaciones del pH y de la cantidad de oxígeno disuelto, por el escaso número de observaciones hechas, aunque los animales se mantienen en el Estrecho con valores de pH de 8,10 a 8,20, y cantidades absolutas de oxígeno de 5,23 a 5,80; que los grandes atunes genéticos soportan salinidades de 38 0/00, y aún superiores, en el Estrecho, así como concentraciones de oxígeno muy bajas (4,56 a 4,14); que los atunes de verano llegan al Estrecho en régimen heterotérmico recién estabilizado (junio) y se mantienen en él gracias a las temperaturas análogas a su optimum térmico (18°-21°, según Roule), huyendo cuando las mareas de sizigias (que suben del Sur) aportan aguas frías profundas (13°5 a 15°) al umbral Ganzirri-Punta Pezzo, etc., etc.

Las emigraciones en la región de Mesina son las mejor estudiadas hasta ahora, y por ello nos hemos detenido a mencionarlás, aunque aún quedan muchos puntos oscuros y se trata de una zona limitada.

XVI. BREVES CONSIDERACIONES SOBRE PESCA E INDUSTRIALIZACION

Aunque este trabajo está dedicado a la biología del atún y no a su pesca e industrialización, parece conveniente exponer algunas consideraciones sobre el aspecto utilitario de nuestro pez.

Respecto a la pesca, está siempre planteado el problema de su mejora. No hace muchos años que surgió en Italia la cuestión de si el arte de almadraba estaba racionalmente concebido o era un simple producto de la costumbre, rutinariamente transmitida de padres a hijos. Así, Farina se preguntaba en 1931 : 1.º, si los artes estaban bien situados en relación con el paso del pescado ; 2.º, por qué no se adaptaban para coger otras especies que aumentarían las ganancias ; y 3.º, por qué las instalaciones no obedecían a una técnica racional. Muchas almadrabas están mal situadas porque las concesiones se pidieron sin estudios previos ; otras ocupan buenos emplazamientos y pescan siempre, aun en los años escasos, lo que se debe, sin duda, a que dichos lugares están comprendidos casualmente en las áreas de «emigración vertical», en las que el atún se acerca a la costa condicionado por la temperatura, la salinidad, la transparencia de las aguas, la naturaleza del fondo, las corrientes. Pero Farina reprocha a los pescadores, injustamente, el que desprecien esos coeficientes, porque ¿quién los había de aconsejar, si el estudio de las influencias físico-químicas sobre la biología está aún en mantillas? Sella y Vercelli indican que, en cada caso particular, debe hacerse un estudio previo y calcular las raberas de tal suerte que el cuadro quede establecido en la corriente primaria que transporta las aguas del largo seguidas por el atún ; Roule pide que se evite la proximidad de la desembocaduras de ríos, por huir el atún genético de las aguas con poco salinidad. En cuanto a que no se procura capturar otras especies, que escapan por las mallas demasiado anchas de las raberas, Farina tiene razón, en general, aunque hay almadrabas españolas (Ceuta, Cabo Espartel) que capturan otros escómbridos pequeños (melvas y bonitos), a veces en mayor cantidad que el atún. También se pensó en aligerar las almadrabas adoptando el cuadro de «monte y leva». Respecto a perfeccionar la técnica, Farina indica que las anclas no suelen estar bien adaptadas a los fondos, pecando de demasiado pesadas o de ligeras ; que sus amarras a las relingas tampoco son siempre adecuadas, aconsejando los cables de acero ; que los corchos pierden hasta un 50 por 100 de su flotabilidad al permanecer mucho tiempo en el agua, y las redes están como semi-sumergidas a mediados de temporada, pudiendo dejar escapar el pescado por encima, si aumentan las corrientes ; que la puerta llamada «foratico» no responde a la técnica moderna, etc., etc. Como soluciones propone : modificar la «legítima» y «contralegítima» (con sus «lenguas» y «testas» correspondientes) y las raberas, en relación con las corrientes y emigraciones verticales del atún, en las almadrabas de poco rendimiento, o transformarlas para cap-

turar además otros escómbridos; aumentar el rendimiento de las buenas colocando las raberas hasta fondos de 60 m.; mejorar el sistema de anclaje con cables, cadenas, etc.; aumentar la flotabilidad general; sustituir el «foratico» por el sistema de puertas o bocas con «endiches», usadas en las almadrabas atlánticas, etc.

Las almadrabas de nuestra costa pueden considerarse bastante perfectas en cuanto a su estructura. Constan, como es bien sabido, del cuadro (con su cámara, su buche, el mojarcio que las separa, el copo, las bocas, los endiches, las safinas, la puerta sotana, el bordonal, las colinas, etc.), las raberas de tierra y de fuera, la legítima, la contralegítima, el atajo y el atajillo. En cuanto a su situación, se tiene más en cuenta la costumbre que las condiciones oceanográficas, que por otra parte no están bien estudiadas. Para aumentar su radio de acción podría intentarse, como ha recomendado Sanzo, basándose en el fototropismo negativo de los adultos, el prolongar las raberas con una barrera de luces submarinas, colocadas a diferentes niveles, que encauzarían hacia el cuadro a los animales que pasan actualmente de largo.

Pero, como hemos insinuado en otras páginas de este trabajo, acaso los esfuerzos para mejorar la pesca deban orientarse en sentido diametralmente opuesto, sustituyendo la pasividad de la almadraba, arte muy costoso y delicado, por los métodos activos modernos, que van a buscar al atún allí donde se halle. Los procedimientos usados en California, región maestra en el arte, son dos: la pesca con artes de cerco y la caña con cebo vivo. En España no se han empleado, que sepamos, ninguno de los dos aún. En Italia sí ha hecho ensayos Sella, con caña y cebo muerto, siguiendo la técnica de nuestros pescadores de la región canario-sahariana; en Yugoslavia se ha adquirido o construido recientemente un barco de los usados en California, pero no tenemos noticias de los resultados. (Los conseguidos por este equipo yugoslavo en aguas de Túnez se han publicado cuando se redactaba esta Memoria.) La pesca con artes de anzuelo sigue en España las normas tradicionales; su importancia es mucho menor que la de las almadrabas, pero los pescadores que la practican, habituados a darse cuenta de la presencia del atún en mar libre, podrían formar la base del personal necesario para los métodos modernos.

En lo referente a la industrialización, los esfuerzos deben dirigirse al aprovechamiento integral del atún, creando nuevas y más finas conservas, utilizando las partes que ahora se desechan y pueden proporcionar subproductos útiles, comestibles o no, y aumentando la producción de aceites y harinas de pescado. La conserva en aceite, la salazón, la mojama y las huevas responden perfectamente al gusto de los consumidores y se puede decir que no necesitan perfeccionamientos, pero no ocurre lo mismo en cuanto a los residuos, tratados de un modo rudimentario que aumenta las pérdidas y origina subproductos de muy baja calidad. La actual proporción de residuos es demasiado alta (22 a 25 por 100).

Según Classen, que ha estudiado detalladamente la cuestión, se desechan las siguientes partes del atún, que van a parar a la preparación de guano: Cabeza, cola, aletas, piel, espinazo con mucha carne adherida, huesos de la nuca con su carne grasienta, testículos, lóbulos adiposos de

la hueva y del testículo, bazo y residuos que quedan en las bandejas donde se prepara la conserva en aceite, consistentes en trozos de piel, de tejido adiposo y migajas de carne. Todos estos restos, cocidos juntos durante largo rato al aire libre, producen aceites muy oxidados, oscuros y mal olientes; las sustancias colágenas forman emulsiones muy difíciles de separar, con pérdida de grasas, etc., etc. El procedimiento es antieconómico, y se debe empezar por clasificar y separar las diversas partes durante las faenas de conserva, salazón, etc., lo que no supone demasiado exceso de trabajo. De este modo se pueden obtener los siguientes productos de las partes que se indican: de los espinazos con carne, albóndigas de pescado y migajitas con tomate, como comestibles, y cola y comida para pollos; de la nueca, albóndigas, cola y alimento para aves; de los restos de carne para salazón, albóndigas; de las huevas pequeñas o rotas, caviar de atún y cola; de los testículos, pasta ahumada, en aceite, «riñones» de atún y harina de pescado; del tejido adiposo de las gónadas aceites comestibles, aceite industrial y harina; de los residuos grasos del envasado, lo mismo; de los residuos del envasado del atún de revés, cola y harina; de las colas, pieles y aletas, cola líquida y seca, y alimento para aves. La maquinaria necesaria para obtener estos subproductos selectos queda amortizada pronto por la mejor calidad y precio de los mismos. Para obtener grasas de buena calidad es preciso reducir previamente a pulpa las partes necesarias y cocerla a poca temperatura, fuera del contacto del aire, lo que es fácil de conseguir con la maquinaria moderna.

Classen ha ideado y ensayado la obtención de diversos productos, además de los tradicionales de conserva en aceite, salazón, mojama, huevas, etcétera, tales como atún ahumado, caviar de atún, testículo ahumado en aceite, atún con especias, «antipasto» o entremés de atún, albóndigas de atún, trocitos de atún en salsa de tomate, aceites comestibles, aceites industriales, y cola. Sería demasiado largo indicar aquí cómo se preparan estos productos, por lo cual nos limitaremos a exponer algunas cifras.

Se puede calcular que un año con otro se pescan 50.000 atunes, 40.000 de «derecho», grásientos, y 10.000 de «revés», con un peso de 6.300 a 7.000 toneladas métricas. De éstas, 1.540 van a la fábrica de guano, obteniéndose 450 toneladas de fertilizantes y 150 de grasa de baja calidad. En cambio, racionalizando la utilización de esos residuos, se pueden obtener de ellos: 350.000 latas de medio kilo de albóndigas; 600.000 de 1/4 de Kg. de trocitos en tomate; 128.000 de 1/8 de Kg. de caviar; 300.000 de 1/8 de Kg. de pasta de testículo (ó 10.000 Kg. de testículo ahumado); 27.600 Kg. de aceites comestibles; 3.400 de aceites industriales, y, finalmente, 70.000 Kg. de cola líquida. A estas cantidades hay que añadir harina de pescado, el alimento para aves y los fertilizantes.

Otro punto interesante es la obtención de vitaminas. El hígado de atún contiene las A y D en notable proporción, pero creemos que no se ha perfeccionado la extracción de otras muy importantes, tales como la B₁₂ o «factor de crecimiento animal».

Por último, relacionado directamente con la cuantía de la pesca está el problema de las estadísticas, que no siempre se confeccionan de modo que sean útiles desde el punto de vista biológico. El investigador puede ob-

tener de ellas grandes enseñanzas, pero es preciso que sean muy detalladas, especialmente en lo que atañe al peso individual de los peces capturados. La obtención de estos datos aislados es evidente que origina pérdidas de tiempo, del que tan avaro hay que mostrarse en las fábricas por la condición tan perecedera del pescado y lo caluroso de la estación en que se trabaja, pero pueden proporcionar, a la larga, resultados interesantes. Así, de la estadística detallada del año 1948, hemos deducido que los atunes mayores se cogen en nuestras almadrabas al comienzo de la temporada, en mayo; Heldt, en Túnez, también ha podido comprobar que los atunes más grandes se desplazan más al largo que los pequeños, etc.; Neuparth ha encontrado una oscilación casi secular en el rendimiento de la pesca en la costa portuguesa, etc., etc. Cuantos más datos proporcionen las estadísticas y más detallados sean, mayor será su utilidad en manos de los biólogos.

XVII. CONCLUSIONES

En las páginas precedentes hemos resumido nuestros conocimientos sobre el atún, *Thunnus thynnus* (L.), que son bastante incompletos en numerosos puntos; ahora, nos toca insistir sobre lo que ignoramos o conocemos deficientemente, para que los investigadores futuros lo estudien con preferencia.

Los datos históricos, aunque interesantes, no merecen la pena de nuevas investigaciones.

La sinonimia se conoce suficientemente, salvo si nuestro atún es idéntico al atlántico-occidental y al pacífico; se deben precisar los nombres comerciales. No abundan los buenos documentos iconográficos ni los ejemplares de Museo, disecados o en esqueleto.

La sistemática, siempre en evolución, y las diagnósis, ganarán mucho cuando se conozca mejor la anatomía, especialmente la interna.

Los caracteres externos se conocen bastante bien, pero es preciso comprobar sus cambios en relación con el crecimiento.

Los caracteres internos, salvo el esqueleto, se han estudiado de un modo incompleto; es necesario multiplicar las disecciones siguiendo los métodos y la técnica de los autores modernos americanos.

La biometría está casi en sus comienzos. Su estudio detallado, sobre muchos cientos o miles de ejemplares, aplicando los métodos estadísticos de regresión, debe emprenderse sin demora para conocer el grado de variación de las «poblaciones» mediterráneas y atlánticas, fijar su número y dependencias genéticas, sus «clases» (es decir, lo que en términos castrenses se llama «las quitas»), prevenir la «sobrepesca», etc.

Las afinidades y diferencias se deducirán por sí solas cuando conozcamos bien la anatomía y la biometría; deben hacerse ensayos serológicos y otros afines.

La fisiología no está bien conocida: es un problema muy difícil por ser casi imposible mantener el atún en espacios confinados.

La reproducción se conoce muy sumariamente. La busca de huevos y larvas, para localizar las zonas de puesta, además de las conocidas de Sicilia y de Argelia, es un problema de primordial interés; debe explorarse, de fines de mayo a primeros de julio, el Golfo de Cádiz.

El crecimiento y la edad requieren nuevas investigaciones, continuándose en gran escala el examen de los anillos de las vértebras. El marcado, pese a sus dificultades, debe continuarse por ser definitivos los resultados que puede proporcionar. La caracterización de las diversas «clases», o grupos de la misma edad, es muy importante.

La alimentación se conoce bastante bien, en líneas generales, pero debe examinarse siempre el mayor número de buches posible.

Los parásitos ya conocidos son numerosos, pero se han de seguir buscando en la cavidad general y en los diversos órganos, incluso dentro del aparato circulatorio.

La distribución geográfica, muy amplia, se extiende, en su máxima expansión, desde Noruega a la región canario-africana, y por todo el Mediterráneo y mares anejos. También existe el atún en Africa del Sur, al Sur de Angola; y si el de la costa atlántica de los EE. UU. es idéntico al nuestro, su área se ampliaría notablemente. La profundidad de su *habitat* no se conoce bien, por no utilizarse para pescarlo los palangres flotantes.

Los datos oceanográficos (temperaturas, salinidades, etc.) de su *habitat* no han sido apenas investigados. Requieren, como la busca de huevos y larvas, medios costosos (embarcaciones de alta mar, aparatos oceanográficos, etcétera) y muchos años seguidos de trabajo.

Las emigraciones no son bien conocidas, salvo en alguna zona limitada, como el Estrecho de Mesina. La multitud de teorías ideada para explicar los movimientos del atún indican que ninguna es totalmente exacta y convincente. Parece indudable la existencia de una población mediterránea y otra atlántica, pero también debe haber paso por el Estrecho de Gibraltar. El estudio directo por el marcado, y el indirecto por la biometría, deben intensificarse.

Las pescas científica, experimental y deportiva están casi por iniciar. La pesca industrial debe pensar en cambiar sus métodos pasivos actuales por los activos de ir a buscar el atún en donde se halle, o simultanear ambos procedimientos. Los ensayos con un «Tuna clipper» de tipo californiano o con un «Purse seiner» de aquella misma región, serían muy interesantes.

Las estadísticas deben hacerse con detalle, y de acuerdo con las indicaciones de los biólogos para que tengan valor científico, además del puramente comercial.

Las conservas son muy buenas, pero deben completarse con otros preparados. Los productos han de afinarse en su elaboración, para obtenerlos de mejor calidad que actualmente.

La solución de los numerosos problemas que plantea el estudio de los temas precedentes, se podrá lograr en algunos casos con medios sencillos y poco costosos, pero en aquellos que podemos llamar *de alta mar* es indispensable la colaboración internacional y el empleo de material de precio elevado.

XVIII. BIBLIOGRAFIA

La bibliografía concerciente al atún y a las especies afines es tan copiosa que la simple mención de los trabajos publicados triplicaría o cuadruplicaría la extensión de estas páginas. Años enteros necesitaría un lector infatigable para enterarse de cuando bueno, mediano y francamente malo se ha escrito sobre el *Th. thynnus*. Baste saber que en un *Rapport* de Heldt, citado más abajo, publicado en 1931, la bibliografía ocupa nada menos que 89 páginas de letra menuda, y que desde entonces acá, en los veintidós años transcurridos, no han cesado de aparecer nuevas publicaciones. Nos limitaremos, pues, a mencionar las obras de Corwin, Heldt y Shimada, que recensan abundantísima bibliografía, y otras cuantas en las que el lector puede encontrar también las más recientes referencias bibliográficas :

- BELLÓN, I. y BARDÁN DE BELLÓN, E : «Algunos datos sobre los «Thunnidae» de Canarias» (Bol. Inst. Esp. Oceanogr., núm. 19, Madrid, 1949).
- CLASSEN, T. E. A : «The Tuna industry of Southern Spain» (U. S. Fish & Wildl. Serv., Fishery Leaflet 188, Chicago, 1946).
- CORWIN, G : «A Bibliography of the Tunas» (Division of Fish and Game of California, Fish Bull. núm. 22, Sacramento, 1930).
- DIEUZEIDE, R : Campagne en Méditerranée du navire Océanographique «Président Théodore-Tissier» (Juin-Juillet 1950) (Bull. Trav. Stat. d'aquic. et de Pêche de Castiglione, nouv. sér. núm. 3, Alger, 1951).
- FOWLER, H. W : «The marine Fishes of West Africa» (Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., vol. 70, part. II, New York, 1936).
- FRADE, F : «Variações ponderais do fígado no atum genético do Algarve» (Bull. Soc. Port. Sc. Natur., T. 15, núm. 26, Lisboa, 1947).
- FRASER-BRUNNER, A : «The Fishes of the Family *Scombridae*» (Ann. and Magaz. Nat. Hist., ser. 12, vol. III, London, 1950).
- GODSIL, C., and BYERS, R. D : «A systematic study of the Pacific Tunas» (State Calif., Div. of Fish and Game, Fish Bull. núm. 60, Sacramento, 1944).
- GODSIL, H. C., and HOLMBERG, E. K : «A comparison of the Bluefin Tunas, Genus *Thunnus*, from New England, Australia and California» (Ibid. núm. 77, 1950).
- HELDT, H : «...Le thon rouge...» (Station Océanographique de Salammbô, Bull. núm. 5, 1926 ; Id., núm. 7, 1927 ; Id., núm. 9, 1928 ; Id. número 13, 1929 ; Id., núm. 18, 1930 ; Id., núm. 21, 1931 ; Id., núm. 29, 1932 ; Commission intern. explor. Scient. Mer Méditerranée, Rapp. et Proc. — Verb., vol. 8 (nouv. série), París, 1934 ; Id., vol. 10 (íd.), París, 1937 ; Id., vol. 11 (íd.), París, 1938).
- LOZANO, L : «Los principales Peces marinos y fluviales de España» (Minist. Agr., Industr. y Com., Dir. Gral. Mar. Civil y Pesca, Publ. Secc. Pesca, ser. 1, Madrid, 1936).

- MOLTENO, C. J. : «The South African Tunas» (South Afr. Fishing Industr. Research Institute, Cape Town, 1948).
- NAKAMURA, H. : «The Tunas and their Fisheries» (Takeuchi Shôbo, Tokyo, 1949 Traducido del japonés por W. G. VAN CAMPEN, U. S. Fish and Wildl. Serv. Special Scient Report : Fisheries núm. 82, Washington, 1952).
- NAVARRO, F. DE P., *et altera* : «La pesca de arrastre en los fondos del Cabo Blanco y del Banco de Arguin (Africa sahariana)...» (Inst. España. Oceanogr., Trabajos núm. 18, Madrid, 1943).
- NAVARRO, F. DE P., y LOZANO, F. : «Carta de pesca de la costa del Sáhara, desde el Cabo Juby al Cabo Barbas» (Id., núm. 21, Madrid, 1950).
- ROEDEL, PH. M. : «Common Ocean Fishes of the California coast» (State Calif., Depart. Fish and Game, Mar. Fish. Branch, Fish Bull. núm. 91, 1953).
- SHAPIRO, S. : «The Japanese Tuna fisheries» (Gen. Headquart. Supr. Comm. Allied Pov., Nat. Resources Sect., Report núm. 104, Tokyo, 1948).
- SHIMADA, B. M. : «An annotated Bibliography on the biology of Pacific Tunas» (U. S. Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull., vol. 52, núm. 58, Washington, 1951).
- SMITH, J. L. B. : «The sea Fishes of Southern Africa» (Centrals New Agency, Ltd., Second impress., Cape Town, 1950).

Laboratorio Oceanográfico, Málaga, septiembre de 1953

Indice

	<i>Págs.</i>		<i>Págs.</i>
INTRODUCCIÓN	3	Vértebras caudales	25
I.—BREVE RESEÑA HISTÓRICA ...	4	Costillas, huesos inter- musculares e interes- pinosos	26
II.—SINONIMIA	7	Otolitos	26
Etimología	7	Aparato circulatorio	27
Nombres vulgares	7	Cavidad abdominal y sus órganos... ..	30
Nombres científicos	8	Aparato digestivo	30
Nombres comerciales	10	Ciegos pilóricos	30
III.—SISTEMÁTICA. DIAGNOSIS...	10	Hígado y vesícula biliar ...	30
IV.—CARACTERES EXTERNOS ...	14	Bazo	31
Conformación externa	14	Vejiga natatoria	31
Forma del cuerpo	14	Aparato excretor	32
Cabeza	15	Aparato genital	32
Tronco y cola	15	VI.—BIOMETRÍA	33
Línea lateral	16	Tamaño y peso	33
Escamas	16	Otras medidas... ..	34
Aletas	16	Proporciones	36
Coloración	17	Indíces biométricas	37
Anomalías	18	VII.—AFINIDADES Y DIFEREN- CIAS. FILOGENIA. CLAVES.	41
V.—CARACTERES INTERNOS 18		El <i>Thunnus thynnus</i> y el <i>Thunnus secundodorsalis</i> .	41
Tegumentos	19	Comparación con el atún del Pacífico	43
Branquispinas	19	Otras especies afines	44
Esqueleto	19	Métodos modernos para es- tudir la afinidad	44
Cráneo	19	Filogenia	44
Mandíbulas	21	Claves dicotómicas	45
Aparato opercular	22	VIII.—FISIOLOGÍA	47
Arco hioideo	22	Digestión	47
Arcos branquiales	23	Circulación	47
Cintura escapular	23		
Cintura pelviana	23		
Columna vertebral	23		
Vértebras pre-caudales...	24		

	<u>Págs.</u>		<u>Págs.</u>
Tropismos	47	Teoría autóctona	68
Fototropismo	48	Teoría hidrodinámica	69
Halotropismo... ..	48	Teoría halotérmica	69
Termotropismo	49	Teoría térmica	71
Otras características	49	Influencia de las mareas profundas	71
IX.—REPRODUCCIÓN	49	Teoría emigratoria del Profesor Sella	71
Madurez sexual	49	Marcado	73
Puesta y fecundación	54	Anzuelos marcados	75
Huevos	56	Observación desde aviones.	75
Larvas	57	Método de los índices biométricos	75
X.—CRECIMIENTO, EDAD	59	Método de las variaciones del medio	76
XI.—ALIMENTACIÓN	61	Emigraciones en la región de Mesina	77
XII.—PARÁSITOS Y ENEMIGOS... ..	62		
XIII.—DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, BATIMÉTRICA Y CRO- NOLÓGICA	63	XVI.—BREVES CONSIDERACIONES SOBRE PESCA E INDUSTRIA- LIZACIÓN	79
XIV.—CARACTERES OCEANOGRÁFICOS DEL MEDIO	66	XVII.—CONCLUSIONES	82
XV.—EMIGRACIONES... ..	67	XVIII.—BIBLIOGRAFÍA	84
Teoría emigratoria antigua.	68	INDICE	86

- 47.—R. MARGALEF: «Estudio sumario del fitoplancton de la Ría de Vigo (1948-1950)».
- 48.—M. OLIVER y M. MASSUTÍ: «El raó, *Xyrichthys novacula* (Fam. *Labridae*). Notas biológicas y biométricas».
- 49.—F. LOZANO CABO: «Nota preliminar sobre la biometría, biología y anatomía general del *Notacanthus bonapartei* Risso».
- 50.—E. SECO SERRANO: «Velocidad vertical de propagación del sonido en el Mar de Alborán. Aplicación a la corrección de eco-sondas».
- 51.—G. COLOM: «Foraminíferos de las costas de Galicia (Campañas del Xauen en 1949 y 1950)».
- 52.—Joaquín GÓMEZ DE LLARENA: «Observaciones sobre los sedimentos de las costas de Galicia (Campañas del «Xauen» en 1949 y 1950)», con un Apéndice de Josefa PÉREZ MATEOS, sobre «Análisis mineralógico de algunas muestras».
- 53.—A. RODRÍGUEZ DE LAS HERAS y M. C. MÉNDEZ ISLA: «Contribución a los estudios químicos sobre pescados españoles».
- 54.—José M.^a NAVAZ y F. de P. NAVARRO: «Nuevas observaciones sobre la sardina del Golfo de Vizcaya (1951) y consideraciones sobre la estadística de pesca».
- 55.—R. FERNÁNDEZ y F. DE P. NAVARRO: «La sardina de Santander. Observaciones en 1950 y 1951».
- 56.—M. OLIVER y F. DE P. NAVARRO: «Nuevos datos sobre la sardina de Vigo (febrero de 1950 a marzo de 1952)».
- 57.—Emma BARDÁN y F. DE P. NAVARRO: «Estudios sobre la sardina de Málaga en 1951 y consideraciones sobre la variabilidad de su fórmula vertebral».
- 58.—M. OLIVER y F. NAVARRO: «La alacha y la sardina de Baleares. Investigaciones en 1950 y 1951».
- 59.—F. LOZANO: «Monografía de los Centracántidos mediterráneos, con un estudio especial de la biología, biometría y anatomía de *Spicara smarís* (L.)».
- 60.—E. JIMENO y A. ARÉVALO: «Acción inhibidora del ácido pirogálico en la corrosión del hierro por el agua del mar».
- 61.—P. BALLE: «Fitoplancton de la bahía de Palma de Mallorca (Año 1952)».
- 62.—B. ANDREU: «Sobre la relación entre el número de branquias y la talla en la sardina española (*Sardina pilchardus* Walb.)».
- 63.—M. OLIVER: «Bionomía de los fondos de 300 a 600 mts. en el Sur y Suroeste de Mallorca...».
- 64.—F. LOZANO CABO: «Notas sobre una Campaña de prospección pesquera en la Mar Chica de Melilla».
- 65.—A. FERNÁNDEZ DEL RIEGO y A. RODRÍGUEZ DE LAS HERAS: «Determinación colorimétrica de la alteración del pescado».
- 66.—FERNANDO LOZANO CABO: «Una campaña de prospección pesquera en Mar Menor (Murcia)».

NOTA.—Pedidos y correspondencia al Sr. Secretario del INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA, Alcalá, 27. Madrid.

